

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-021775

(43)Date of publication of application : 26.01.2001

(51)Int.Cl.

G02B 6/42
G02B 6/32
H01L 31/107
H01L 31/108
H01L 33/00
H01S 5/022

(21)Application number : 11-196468

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22)Date of filing : 09.07.1999

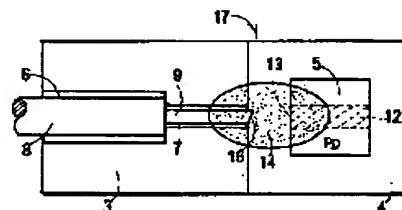
(72)Inventor : KUHARA MIKI
NAKANISHI HIROMI
OKADA TAKESHI

(54) OPTICAL DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To connect an optical fiber/light wave guide passage with optical parts without causing reflection return light by forming an end face of the optical fiber/light wave guide passage into a specific inclined face and filling light penetrating resin having refractive index close to that of the optical fiber between the optical parts and the end face.

SOLUTION: An Si bench has two steps, and large and small V grooves 6, 7 are provided at an upper step by anisotropic etching. A ferrule 8 and an optical fiber 9 are fixed here. The ferrule 8 supports the optical fiber 9 on the same axis and can be attached to and detached from an external mechanism. An end face 16 of the optical fiber 9 is an inclined face. A wave guide passage mold PD5 is fixed at a lower step 4. The end face 16 of the optical fiber 9 obtained by cutting it obliquely at angles of 4, 6, 8 degrees is fixed on the V grooves 6, 7 of the Si bench to cover it with light penetrating resin 14. That is, the end face 16 cut obliquely is surrounded by the light penetrating resin 14 having refractive index close to that of the optical fiber.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.08.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 05.06.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USP16,

(19) 日本国特許庁 (J P) (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-21775

(P2001-21775A)

(43) 公開日 平成13年1月26日 (2001.1.26)

(5) InCl ⁺	識別記号	FI	チーフド (参考)
G02B 6/42		G02B 6/42	2H037
6/32		6/32	5F041
H01L 31/07		H01L 33/00	M 5F049
31/08		31/10	B 5F073
33/00			C

審査請求 有 請求項の数15 O L (全 38 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願平11-196468	(71) 出願人	00002130 住友電気工業株式会社
(22) 出願日	平成11年7月9日 (1999.7.9)	(72) 発明者	工原 英樹 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
		(73) 発明者	友電工業株式会社大阪製作所内 大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号住
		(74) 代理人	100079887 弁理士 川瀬 茂樹 友電工業株式会社大阪製作所内

最終頁に続く

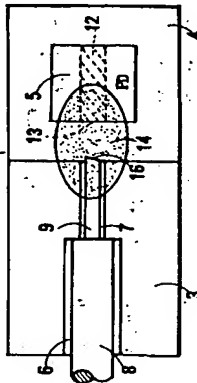
(54) 発明の名称 光学装置

(57) 要約

【目的】 パッシブアライメントによって、光ファイバ・光導波路と、PD・LEDなど光学部品とを反反射光がないように結合する。

【構成】 光ファイバ・導波路端面を2°～10°の傾斜面とし、光ファイバ・導波路と光学部品との間をファイバ屈折率と近似した屈折率をもつ透光性樹脂によって満たす。

実施例1、2



【特許請求の範囲】

- 【請求項1】 光軸を有する第1の光学部品と、第1光学部品との間で光を透過する第2の光学部品とを含む、第1の光学部品の光入射端面が光軸直交面に対して傾斜角αで傾斜しており、第1光学部品の傾斜端面と第2光学部品の光入射端面の間の空間が第1光学部品の屈折率に近い屈折率を持つ透光性の樹脂によって覆われていることを特徴とする光学装置。
- 【請求項2】 第1の光学部品と第2の光学部品の間に、1以上の他の光学部品を含むことを特徴とする請求項1に記載の光学装置。
- 【請求項3】 第1の光学部品が光ファイバか光導波路である事を特徴とする請求項1又は2に記載の光学装置。
- 【請求項4】 第2の光学部品が、受光素子（導波路型、上面入射型、裏面入射型、端面入射型）であることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の光学装置。
- 【請求項5】 第1の光学部品が2度から8度に斜めカットされたSiO₂系の光ファイバであり、第2の光学部品がSi、Ge、GaAs、InP、InGaAs、InGaAsPのいずれかの半導体からなるPIN-PPD若しくはAPDよりなることを特徴とする請求項4に記載の光学装置。
- 【請求項6】 第1の光学部品が2度から8度に斜めカットされたSiO₂系の光導波路であり、第2の光学部品がSi、Ge、GaAs、InP、InGaAs、InGaAsPのいずれかの半導体からなるPIN-PPD若しくはAPDよりなることを特徴とする請求項4に記載の光学装置。
- 【請求項7】 第2の光学部品が発光素子（LED若しくはLD（面発光、端面発光を含む））であることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の光学装置。
- 【請求項8】 第1の光学部品が2度から8度に斜めカットされたSiO₂系の光ファイバであり、第2の光学部品がGaAs、InP、InGaAs、InGaAsPのいずれかの半導体からなるLED若しくはLDよりなることを特徴とする請求項7に記載の光学装置。
- 【請求項9】 第1の光学部品が2度から8度に斜めカットされたSiO₂系の光導波路であり、第2の光学部品がGaAs、InP、InGaAs、InGaAsPのいずれかの半導体からなるLED若しくはLDよりなることを特徴とする請求項7に記載の光学装置。
- 【請求項10】 第1の光学部品と第2の光学部品との間に集光レンズを有することを特徴とする請求項1～9のいずれかに記載の光学装置。
- 【請求項11】 第2の光学部品が光分波器、ビームスプリッタ、光合波器、光フィルタ、レンズ、セルフォックレンズの何れか、またはこれらの組み合わせによりなる事を特徴とする請求項1～2の何れかに記載の光学装置。

【請求項12】 光学系がSiベンチの上に構成されたものであることを特徴とする請求項1～11の何れかに記載の光学装置。

【請求項13】 光学部品が光学系がSiO₂系の平面導波路によって構成された部分を含む事を特徴とする請求項1～12の何れかに記載の光学装置。

【請求項14】 透光性樹脂がシリコーン系、アクリレート系若しくはエポキシ系であることを特徴とする請求項1～13の何れかに記載の光学装置。

【請求項15】 第2の光学部品の入射端面が光軸より傾いていることを特徴とする請求項1～14の何れかに記載の光学装置。

【請求項16】 第1の光学部品が、外部の機構と着脱可能な2度～8度の傾斜端面のファイバを有するフェルネルであって、Siベンチもしくはセラミック板のV溝に固定されており、第2の光学部品がLEDあるいはLEDのいずれかの発光素子であってSiベンチもしくはセラミック板上に形成されたマウント部に固定され、第1光学部品と第2光学部品の間の光路がシリコーン系またはアクリレート系の透光性樹脂によって充たされ、さらにその上を非透光性の樹脂によって覆ったことを特徴とする請求項1に記載の光学装置。

【請求項17】 第1の光学部品が、外部の機構と着脱可能な2度～8度の傾斜端面のファイバを有するフェルネルであって、Siベンチもしくはセラミック板のV溝に固定されており、第2の光学部品がPD、APDあるいはAMP付きPDのいずれかの受光素子であってSiベンチもしくはセラミック板上に形成されたマウント部に固定され、第1光学部品と第2光学部品の間の光路がシリコーン系またはアクリレート系の透光性樹脂によって充たされ、さらにその上を非透光性の樹脂によって覆ったことを特徴とする請求項1に記載の光学装置。

【請求項18】 第1の光学部品が、外部の機構と着脱可能な2度～8度の傾斜端面のファイバを有するフェルネルであって、Siベンチもしくはセラミック板のV溝に固定されており、第2の光学部品がPD、APDあるいはAMP付きPDのいずれかの受光素子とLEDあるいはLEDのいずれかの発光素子ととあってSiベンチもしくはセラミック板上に形成されたマウント部に固定され、第1光学部品の間の光路がシリコーン系またはアクリレート系の透光性樹脂によって充たされ、さらにその上を非透光性の樹脂によって覆ったことを特徴とする請求項1に記載の光学装置。

【請求項19】 第1の光学部品が複数の光ファイバあるいは複数の光導波路よりなり、第2の光学部品がそれらの受光素子あるいは発光素子よりなる事を特徴とする請求項1に記載の光学装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光導波に用いる送信器、受光器、送受波器、これらを構成するための光学部品、或いはこれらを組み合わせた光学装置に関する。特に反射減衰量（ORL）を著しく低減できる構造の光学部品に関する。

【0002】

【従来の技術】光通信の実用化が進むにつれて、光送信器、光受信器などの小型化、低コスト化が進みつつある。最近では表面実装型という非常に小型の光学系が研究開発されている。例えば、

①西川達、船橋雄一、真門元二、宇野智昭、松井肇「S i 基板を用いた表面実装型LDモジュール」1997年電子情報通信学会総合大会C-3-63、P248
②佐々木純一、伊藤正隆、山崎裕幸、山口昌幸「バウンズフライン高効率光結合ガットサイズ変換LD S i ベンチ」1997年電子情報通信学会総合大会C-3-65、P250
③平井あゆ美、加来良二、前沢卓也、高山清、原田正「光モジュール用シリコンV溝基板」1997年電子情報通信学会総合大会C-3-66、P251などに提案がなされている。

【0003】受光モジュールの従来例を図1、図2に示す。この受光モジュール1は、2段になったS i ベンチ2の上段3に光フアイバを、下段4に受光素子であるP Dを設けたものである。このPDは導波路型であって受光面が導波路型受光部12になっている。側面から入った光を導波路型受光部12によって感受する。S i ベンチ2にはV溝6、7が側方性エッチングによって形成される。フェルルー8と光フアイバ9を包囲し、7に固定される。フェルルー8は光フアイバ9を包囲し、7に固定される。フェルルー8は外部の光素子と着脱できるようにしている。光フアイバ9の端面10は光軸に直角である。端面10から出た出射光11は空間を通りPD5の導波路型受光部12に入り検知される。光フアイバもPDも同一の基板表面上に取り付けられるので小型になる。隣接箇所がないので製造容易である。レンズがないのでコストを下げられる。だから小型安価の受光モジュールとなりうる。

【0004】図1、図2の従来例では、S i ベンチ2の上に光学部品（PD5、フェルルー8、光フアイバ9）を配置し、レンズは使わずに、直接光フアイバと受光素子（以下PDという）を突き合わせている。これによつて

ORL=10log (P_r/P_i) (dB)
【0009】logは常用対数を示す。P_iはフアイバを通して出射端面に向かって来る光強度である。P_rは端面で反射してフアイバ内を戻って行く光強度である。単位はdBである。かならずP_r<P_iであるから、ORLは負の値となる。レーザに及ぼす影響を示す

$R_{eff} = (n_1 - n_2) / (n_1 + n_2) \cdot (n_1 + n_2) \cdot (2)$
【0012】である。図1、2のように、屈折率n₁=1.46のSiO₂系の光フアイバの場合、空気（n₂=1.00）に射出する時は、ORL=-14.6dBとなる。かなり大きな値である。つまり反射光が十分に強いということである。光フアイバと空気では屈折率がかなり相違するので、このような大きなORLの値となる。

て部品点数を減らすとともに小型化している。ここでは、光フアイバ9を配置しているが、代わりに光導波路でも良い。受光素子として導波路型PDを記載しているが、光学系によって上面入射型、裏面入射型PDが用いられる。

【0005】S i ベンチ上にエッチングによってV溝を形成し、またペースク合わせでPDチップを固定する位置合わせマークを形成する。V溝やマークにより光フアイバもPDも位置精度良く固定される。このように固定しないですでに定めた位置に部品を配置することをバウンズフラインメントという。つまり図1、図2の表面実装型モジュールはバウンズフラインメントが可能となり実装コストも下がる。部品コスト、実装コストを下げた反面に製造できるという長所がある。フアイバ側は光軸と直角で不可及である。これはバウンズフラインメントを可能にするため、真っ直ぐ入る光軸は光軸が斜めになるとPDにフライメントのためにフアイバ端面光軸直角というのはフライオリに要求される。と考えられた。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図1、図2の従来例の構成ではフアイバ端面の反射が問題になる。フアイバ端面10は光の進行方向（光軸方向）と直交する面であったりしている。図にはあらわれないが、光フアイバの端面には光線としてのLD（半導体レーザ）がつけられている。フアイバ端面は光軸に直交するから端面での反射光がフアイバ内を反対向きに伝搬してレーザに戻り、レーザ発振を不安定にさせる。レーザは端面の反射鏡を共振器とするが、反射光が戻ると共振器がレーザである場合、常に反射戻り光が問題になる。レーザ発振が安定であるためには反射戻り光を極めて小さく抑える必要がある。PDの受光面は反射防止膜が形成されるので反射は全く問題にならない。フアイバ端面は反射防止膜を付けないので反射が深刻な問題を引き起こす。本発明ではフアイバ端面で反射しレーザに戻る光を問題にする。

【0007】フアイバの端面で反射し戻ってゆく光を反射戻り光という。入射光と反射戻り光のパワー（電力）の比を反射減衰量と呼ぶORLによって表現する。

【0008】

(1) 値であり、これは小さい方がよい。
【0010】屈折率n₁の媒質から、屈折率n₂の媒質に直角に入るとき界面での反射率R_rは、
【0011】

=1.00）に射出する時は、ORL=-14.6dBとなる。かなり大きな値である。つまり反射光が十分に強いということである。光フアイバと空気では屈折率がかなり相違するので、このような大きなORLの値となる。

【0013】どの程度小さいORLの値が要求されるのか？ということを送る。用途や規格はシステムによって様々である。それによって要求されるORLの値も異なる。高度なものほど小さいORLが要求される。光受振器の場合は-27dB以下でなければならない。製造のバウンズも含まれると-30dB以下という極めて小さい値がORLに要求される。レーザは極めて微細の反射戻り光によっても動作が擾乱を受けるからである。

【0014】さらに光CATVのような多チャネルのフロッグ信号を伝送する場合は、-40dB以下という低い値が要求される。それもある程度で満足すればよいのでなく、-40℃～+85℃の広い温度範囲の全体でORLが-40dB以下でなければならないのである。

【0015】

図1、図2の構成（空気と接するのでORL=-14.6dB）ではこの要求を満たすことができない。図1、図2のように反射率が小さくてもは用道が限られる。信号レベルが低くチャネル数が少ないデジタル信号に限られる。だから図1、図2のものよりORLをさらに減らす必要がなされた。

【0016】端面での反射損失を減らすために、図3、図4のように光フアイバ9とPD5の間の空間を光フアイバに近似的に屈折率の透光性の樹脂14によって満たす（バウンズ）ことが提案される。例えば、

①石井利昭、江口州志、吉田幸司、加藤猛、植田和之、石川忠明、「トランスファーマー方式によるP i e i a i 1型光モジュールの製作」1997年電子情報通信学会総合大会C-3-62、P247
②吉田幸司、加藤猛、平高敏則、結城文夫、立野公男、三浦敏彦「樹脂封止型LDモジュールの光結合特性」1997年電子情報通信学会総合大会C-3-68、P253

③長谷川和義、久保田雅之、特許第2792722号「半導体発光装置」
などに記載がある。式(2)のように、屈折率の差（n₁-n₂）によって反射が生ずるので、屈折率差（n₁-n₂）を減らせば反射が減少する。電子部品のバウンズ樹脂としてシリコン系やアクリレート系の樹脂が良く用いられる。ポリアクリレート樹脂の条件は、屈折率が光フアイバに近いことと透明性である。これらの樹脂は可視光に対して透明である。それだけでなく光通信で良く用いられる1.3μmや1.55μmなどの波長の光に対して透明である。

【0017】これら透光性樹脂は、屈折率が光フアイバの屈折率（1.46）に接近している。例えばシリコン系透光性樹脂は、室温でn=1.4程度である。アクリレート系透光性樹脂は室温でn=1.5程度である。従って、室温の場合だけを考えると、アクリレート系樹脂も、シリコン系樹脂もORLが-30dB以下だという条件を満たすことができる。図3、図4もバウンズ樹脂を樹脂14（樹脂14）で製造されるからフアイバ端面は光軸直角である。

【0018】何れも材料も屈折率に温度依存性がある。現存する材料はいずれも上記の広い範囲（-40℃～+85℃）において条件を満たすことができない。図5は、アクリレート系樹脂（O）、シリコン系樹脂（●）の一例のORLの温度による変化を示すグラフである。横軸は温度（℃）、縦軸はORL（dB）である。アクリレート系、シリコン系といくつかの種類の樹脂がある。図5に示すのは一例である。アクリレート系では低温でORLが大きくなる。シリコン系では高温でORLが大きくなる。だから両方とも安定して-30dB以下という条件を満たすことは難しい、まして-40dB以下を満たすことはできない。

【0019】このように温度によってORLが変化するので、温度によって屈折率が変わるからである。図5で温度変化の傾向が相反するのは屈折率変化が相反するからである。何れの樹脂でも温度上昇によって屈折率は低下する。シリコン系の場合、-40℃～+85℃で、1.48から1.37まで屈折率が変化する。アクリレート系樹脂の場合、1.56から1.49まで屈折率が変化する。フアイバ屈折率が1.46であるから、シリコン系では温度上昇とともに、屈折率が1.46から離れる傾向にあり、これがORLを上昇させる。アクリレート系では、温度上昇とともに屈折率が1.49に接近するので、ORLが減少するのである。このように光フアイバ（石英）とはほぼ同じ屈折率をもつ樹脂が存在するが、必ず温度変化がありORLが温度によって変わる。光フアイバの場合だけを説明したが、光導波路の場合でも同じような問題がある。S i 系光導波路の場合も反射戻り光が光線のレーザに入ると発振が乱れて光学装置は動作する。

【0020】図1、図2のような表面実装型の光学部品においては反射光を防ぐ手段として提案されたものは屈折率の近似した透光性樹脂を光フアイバ端面に接着する（図3）だけである。透光性樹脂は反射自体を減衰させるが温度変化による影響もあり完全でない。全温度範囲（-40℃～+85℃）で-30dB以下という条件はかろうじて満たしても、さらに全温度範囲で-40dB以下というような特長的な要求には応えることができない。

【0021】

【課題を解決するための手段】本発明は、光フアイバ、光導波路と、その他の光学部品を含む光学装置において、フアイバ端面或いは光導波路面を斜めに切削し、

端面近傍を光ファイバ屈折率の近似した透光性樹脂（ポリアクリル樹脂）によって覆う。光ファイバ、導波路はいずれも光軸を定義できる。光軸に対して直角でなく直角度より α に傾斜角を持った端面を作る。さらに端面を透光性樹脂で被覆する。

【0022】つまり斜め切断と端面被覆という2重の手段によって反射戻り光を防ぐようにしたことにより本発明の特徴がある。光ファイバ端面、光導波路端面の切断角は2度〜10度程度である。より好ましくは2度〜8度である。光ファイバ・光導波路端面を斜めにカットすると端面での反射光が最早伝搬光とならず光頭へ戻らない。屈折率の近似する透光性樹脂によって端面を覆うと反射そのものが減少する。両者が相まって反射戻り光を著しく抑制することができる。

【0023】

【発明の実施の形態】本発明は各種光学装置に適用することができる。のちに色々な例を説明するが、理解を速めるため典型的な一例を示し本発明の特徴を浮き彫りにする。図6、図7に本発明の光学装置の一例（光ファイバ+導波路型PD）の概略を示す。S1ベンチ2を2段階にし、上段3に大小のV溝6、7を異方性エッチングによって設ける。ここにフェルネル8と光ファイバ9とを固定する。フェルネル8は光ファイバ9を同軸支持し外部機構と着脱可能にしたものである。光ファイバ9の端面16が傾斜面になっている。下段4に導波路型PD5を固定する。これはマークによって定位位置に固定する。光ファイバの端面を4度、6度、8度といった角度（ α ）に斜めカットしたものをS1ベンチのV溝に固定し、ポツティング樹脂14によって覆う。光ファイバの先端だけを覆うのも良い。しかしより好ましくは、ファイバ先端からPD受光面までを覆うようにする。

【0024】本発明は、透光性樹脂被覆に加えてファイバ端（光導波路端）を斜めに切断するところに眼目がある。表面実装において光ファイバ端斜め切断というものはこれまで行われた事はない。燃素された事もない。しかし、真なる斜接分野ではそれはありふれたことであつた。ファイバ端先端を斜めカットすることは、通常の立体的な光モジュールでは反射戻り光を防ぐために良く用いられる技術である。図8に金属カンパッケージに収容された立体内構造の受光素子の従来例を示す。

【0025】円形のステア2.0の中心にサブマウント21を固定し、サブマウント2.1の上に上面入射型PD22を固定する。リードピン31、33とサブマウント、PDの電極とリードピン31、33をワイヤボンディングによって接続し、レンズ24を有するキャップ23をかぶせる。さらに円筒形のスリーブ25をキャップ23の上からステア2.0に取り付け、光ファイバ27の先端を支持するフェルネル26をスリーブ25の端孔28に差し込む。光ファイバ、フェルネルの先端は斜め切断面30となっている。スリーブ25の上にはペンドリミ

ット29があり、光ファイバの端面の曲がりを防ぐ。光ファイバ端面が斜めであるから光ファイバからの出射光は図8で左へ屈折する。光ファイバ直下にビームが到達するのでない。そこでスリーブをステア上で二次元的に動かしながらPD出力を傾斜し最大パワーになる点を探索してスリーブをステアに対して固定する。これが傾方向の調整である。さらにフェルネル26を軸方向に動かし、最大光量になる点を探索軸方向の調整が必要である。このように斜めカットファイバを有するのは調整が必須の工程になる。調整は時間がかかる難しい作業である。

【0026】これは同軸型受光素子とも呼ばれる。光軸をほぼ中心として同心円状のものや同心円筒の部材からなっている。受光素子（PD）チップと光軸が直交する三次元的な構造で高面構造である。これは光ファイバの先端を例えば8度に斜めカットしてある。これはファイバ端面での反射光がレーザ（光源）に届かない為の工夫である。出射光は斜面の方に曲がるので、この図では左にそれる。だからレンズやPDチップはファイバ軸心の延長上にならねい。ファイバ軸心延長とステア面の交点より左側にPDは設けられている。この様な立体構造の場合、PDチップを付けてから、キャップの位置とスリーブの位置は二次元的に調整する。そのような調整作業があるから斜めカットファイバを用いることができるのである。調整（アライメント）によってPDに最大のパワーが入射するようにファイバの位置を決める。だから低いORLで高い感度が得られる。これはキャップ、スリーブ、フェルネルなどをPDの受光量を見ながら三次元的に調整する中で斜めカットということが可能である。調整が斜めカットを可能にするといつてもよい。

【0027】そのような調整調整に手間の掛かる受光素子はコスト高になる。安価なシステムを構築することの妨けになる。やはり図1〜図4のような単純で安価な平面実装型が望ましい。図1〜図4のような表面実装型の場合調整という作業がない。調整がないのでパッシブライメントという。光ファイバ光軸からPDの軸をずらすということはない。それで斜めカットという工夫が入る余地はない。と考えられた。表面（平面）実装では、PDの中心と光ファイバ中心は初めから合致するように入らねい。斜めカットするとビームが斜めになるから表面実装型光学部品のPD中心に入らねいと考えられる。そのような平面実装型が平面（表面実装）型の場合の斜めカットの採用を断じて禁止して来たのである。【0028】しかし、本発明者はそうでないと思う。調整できない平面実装でも斜めカットは極めて有効である。透光性樹脂を用いる限り平面型でも斜め切断は有効なのである。その理由を述べよう。

【0029】角度 α の影響について図9を用いて説明する。光ファイバの屈折率を n_1 、外部実装の屈折率を

n_2 とすると、光ファイバの光軸をKMNとする。出射面16の中心点が傾いている。出射面が光軸直交面でない。それより α だけ傾いている。DMC= α である。点Mにおいて面16に立てた法線はMFとすると、これが光軸MNとなす角度は α である。光ファイバの伝搬光KMは屈折しMGという出射光になる。端面反射光はMRである。これが反射戻り光と書かれるもので重要である。屈折は傾斜であるが反射は単純である。反射戻り光の軸線に対する傾き角は傾斜に2 α である。 $\angle KMR = 2\alpha$ 。

【0030】屈折光の方はより複雑である。法線MFとMGのなす角度を β とする。光線MGと光軸MNの角度を θ とする。 θ は光軸の光軸からのずれの角である。 $\beta = \theta + \alpha$ である。スネルの法則から、

【0031】
$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta \quad (3)$$

であるから、

【0032】
$$\beta = \sin^{-1} (n_1 \sin \alpha / n_2) \quad (4)$$

【0033】
$$\theta = \sin^{-1} (n_1 \sin \alpha / n_2) - \alpha \quad (5)$$

【0034】となる。 θ は出射光MGのファイバ光軸MNからのズレ角である。もし $n_1 = n_2$ なら、ズレ角はNからのズレ角である。もしくは端面の傾斜角が8度（ $\alpha = 8^\circ$ ）である。ズレ角は、端面屈折率 n_2 がファイバ屈折率 n_1 に近いほど小さい。反対に端面屈折率 n_2 がファイバ屈折率 n_1 に遠いほどズレ角 θ は大きくなる。

【0035】反射光の角度は単純（ $\angle KMR = 2\alpha$ ）であるが、これが戻るか否かということにはコア・クラッドの屈折率による。コア屈折率を n_1 、クラッド屈折率を n_2 とすると、 $n_1 > n_2$ であるから全反射角 φ が定義できる。傾斜となす角度が φ 以下ならそのビームはコアからクラッドへ進入できず、傾斜となす角度が φ 以上ならコアからクラッドへビームが進入できるという角度が全反射角 φ である。

【0036】
$$\cos \varphi = n_2 / n_1 \quad (6)$$

【0037】コアとクラッドの屈折率は極めて近いから φ は小さい角である。シングルモードファイバの場合はこれが極端に小さい。2 $\alpha < \varphi$ なら反射光は全反射して戻り光となる。しかし2 $\alpha > \varphi$ なら反射光は全反射できず外部に漏れる。これを放射モードと呼ぶ。幾何光学的にいえばこのように単純であるが、実際にはビームの形状などもあり厳密には波動光学的に取り扱う必要がある。しかし反射光が戻り光になるかどうかというのは、単純に2 α と φ の大小だけで判断することができる。ファイバ端に少し傾斜を付けるだけで、2 $\alpha > \varphi$ とでき、こうすることによって反射戻り光を削減させることができる。つまり α の下限は $\varphi/2 = \cos^{-1} (n_2/n_1) / 2$ という単純になる。

【0038】ここでは α の下限は2度としているが、シングルモードファイバの場合、 $\varphi/2$ は2度より低いので、2度以上の α は戻り光を除き得る。反射の面は単

純であるだけに、屈折の面の影に隠れてしまいがちである。つい省略してしまうが、それはいけない。ここでは反射光が戻り光になるかどうかの条件を厳に説明した。本発明は第1に反射戻り光を問題にするからである。

【0039】例えば、光ファイバ（ $n_1 = 1.46$ ）から光が空気（ $n_2 = 1.00$ ）に対して出射されるときは4度カット（ $\alpha = 4^\circ$ ）の場合光軸より1.85度の（ θ ）ずれ、従って仮に光ファイバ端面とPDの受光面の間隔Lが例えば500 μm に過ぎないとしても、PDの受光面では光線は16 μm もずれ、ズレが大きすぎてPDの受光面に入らない。導波路型PDは通常2 μm 〜5 μm 程度の細の導波路を持つ。そのようなPDでは1dB感度が劣化するズレのトレランスは数 μm の程度である。16 μm もずれるとはPDで受光できない。ファイバの接する媒質が空気の場合パッシブファイバメントはできない。500 μm でも短い距離であるが、それ以下にすればPD入射量を増やすことができる。1dB劣化が数 μm のズレに対応するのであるから光軸からのずれを3.2 μm に抑えたい。PD・ファイバの距離をL=100 μm に縮めたいことも考えられよう。PD・ファイバ間をこのような短距離にするのは製作上難しい。光ファイバの回転によってPD入射量が変動して望ましくない。もしも端面の傾斜角が8度（ $\alpha = 8^\circ$ ）とすると出射光の角度 θ は $\theta = 3.72$ 度にもなる。L=100 μm としてもPD面でのスポットのズレは6.5 μm にもなる。PDに入らなくなる。つまりパッシブファイバメントが困難になり工業的生産が難しい。

【0040】一方、もし光ファイバとPDの間の光路が、例えば $n=1.40$ のポツティング樹脂によって隔たされたことと（2）から反射が著しく少なくなる。反射が戻るから戻り光は減るはずである。更に重要な事は反射光が光軸となす角度が2 α であり、これがコア・クラッド境界角を越えるので反射光がファイバ中の伝搬光とならない、ということである。放射モードになり伝搬モードにならない。伝搬光でないからファイバ中を伝播できない。二つの理由で戻り光が著しく減少する。戻り光が殆ど0となる。戻り光がないので光線のあるレーザの発振不安定を引き起こさない。これは優れた特徴である。また反射が少ないだけでなく、屈折光（出射光）MGのファイバ光軸MNからのズレ θ が非常に小さくなる。これも著しい特徴となる。つまり n_1 が n_2 に近い媒質でファイバ端を覆うと3つの利点がある。反射光減少、反射光放射モード化、屈折光軸ズレ減少という3つの利点である。前二者は反射戻り光を0とし、レーザ発振を安定化させ、後一者はパッシブファイバメントを可能にする。輝かしい利点である。

【0041】例えば4度斜めカットで、屈折率MGはファイバ光軸MNから $\theta = 0.17$ 度しかずれない。仮に光ファイバ・PD間距離LがL=500 μm としても、

PD端面でのスポットサイズは1.5 μm に過ぎない。これは1 dBのトランスより小さい、仮に $L=1000$ μm とすれば、それは0.3 μm しかない、パッシブアライメントが充分可能である。同様にパッシブアライメントしたPDに充分な光が入射する。それだけでなく、LEDに入射した光は殆ど損失無く導かれる。 $L=300$ μm 程度なら、スポットの光軸からのずれは1.9 μm に留まり、パッシブアライメントが可能な範囲に入る。

【0042】 以上は、導波路型PDの一例である。例えば円形の受光面を持った上面入射型PDや裏面入射型PDでは光軸からのズレに対するトランスはもう少し広い。しかし光学系の構成として、光ファイバ端面とPD受光面との距離が長くなるので、最終的には上記と同じ効果を得る。

【0043】本発明のもう一つの効果は、透光性樹脂のポテンシャルにより、より低い斜めカント角度で、従来の空気に対する場合と同程度のレベルのORLが得られるということである。反射量すなわちORLは、斜めカ

来た方向に向かって光ファイバに結合される効率を計算することによって求められる。図10に計算例を示す。

図10は斜めカット角である。縦軸はORL (反射減衰量: dB) である。光ファイバ屈折率は $n_1 = 1.46$

(樹脂、空気)の屈折率をとっている。投資屈折率 n_0 は1.00、1.37、1.40、1.56、1.50としている。1.00は空気であるが、それ以外の屈折率は樹脂のものである。4種類の樹脂について考察しているというのではなく、前記の例の2種類の樹脂の温度によって変化する屈折率について考えている。光ファイ

傾斜角が増えたと光ファイバ内部への反射が減るからである。これはどの面が屈折率の異なる媒質に入るときでも、 $n = 1.56$ の媒質に接する場合、角度が0度でも-29°ある。角度が増えるに従ってORLは減少する。傾斜角が増えると光ファイバ内部への反射が減るからである。

る。 $n=1$ 、3.77の場合がこれに次ぎ、フタヤノミの側面角0度で-31.4Bである。さらに $n=1$ 、4.0ではもつと低くなり0度で-34.4B程度である。 $n=1$ 、5.0で最も低く0度で-37.7B程度になる。光フタヤノミの側面角 $n=1$ 、4.6に近い順にORLは低くなるからこれ

だけをjを使って反射光を減衰させていたが、それは図10の $\alpha=0$ の場合にすぎない、本発明はそうでなく、 $\alpha=\sim 10$ 度の範囲とする。例えば $\alpha=4$ 度とすると、0度の時に比べて -15 dB程度ORLが減っている。極めて顕著な効果である。

10044] $n=1.00$ (空気) の時 $ORL \leq -3.0$ dB を得るためには、 $\alpha=4$ 度の端面傾斜を必要とする。 $ORL \leq -4.0$ dB とするためには、6 度程度の傾

角を要求する。しかるに本発明のように透光性樹脂をホツテイングした場合、傾斜角への要求は著しく緩和される。 $n=1.37$ から $n=1.56$ の範囲において(図5)の2種類の樹脂に対して、 $-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$ の全温度範囲において、 $\alpha=2$ 度の端部カットで $\text{RL}\leq-30\text{dB}$ を満すことができる。また、 $\alpha=4$ 度のカットで $\text{RL}\leq-40\text{dB}$ を満すことができる。

SECRET

100451) これは、 $n=1.00$ の時の ORL 値に対する、屈折率差が小さくなった分、端面反射が下がったことによる。例えば $n=1.00$ (空気) に対する反射率は 3.5% である。 $n=1.56$ の樹脂に対する反射率は 0.1% にすぎない、反射率の比は -15dB にもなる。透光性樹脂で使うときの反射率は -15dB だけ、ORL が低下する、これに $\text{TORLES}-40\text{dB}$ という要求を満足する α を小さくできるのである。樹脂は反射を減らすことによって戻り光を減少させる。反射が減る分だけ PD への入射光も増える、この場合入射光は、5% 位も増大する。結合効率を上げる効果もある、という事である。

2. 4、6度の傾斜角で端面カットした光ファイバを使って実験をした。樹脂のないとき ($n=1.00$)、樹脂がある時ともに、図10の計算結果とほぼ同じ実験結果が得られた。

【0047】本発明は、鋭めカットされた光ファイバ（導波路）の先端を透光性樹脂により覆うことによつて、端面でのORLを大幅に減少させ、光ファイバ光軸からの出射光のずれも非常に小さくできる。低ORL、低結合効率で、パッシブアレイメント実装ができる。低価格、高性能の光学装置を提供することができ、出射角の角度ずれが充分に小さいので、光ファイバをS110

ベッチなどに固定する適合カットの方向を特に意識する必要はない。斜めカットの面がどの方位を向いていても差し支えない。だからフアイバ回転方向の調整が不要である。これも実装の手間を減らすうえで効果がある。

導波路の結合に適用的なことができる。だから光ファイバ（導波路）と組み合わせることは、PDIに限ることなく、発光ダイオード(LED)や半導体レーザー(LD)との組み合わせにも適用できる。光導波路、レンズ、フイルム、ミラーなどの光学部品が、光ファイバと結合さ

(0009) もTライバから出る光だけでなく、光導波管の端面からも本発明は同様に適用できる。もちろん、LEDやLDの場合送信光が、Tライバや導波路に入射する際であるが、この光がコネクタで反射されて戻ってくる場合や、ネットワークケーブルに於ける光

図6

からの光に対するORL低減にも効果を奏する。
00501 例えばLEDの場合を説明する。図11に示
ようにフレイブ構造からの反射量1/3が減少し

図 12 に示すように、駆動電流と光出力の間の関係に乱れが生じたり、図 13 のように発光波長スペクトルが二つに分かれるなどの不具合が発生する。

【0051】従ってLDの場合も図15のように光ファイバ端を斜めカットすることによって、LD自身への戻り光を低く抑えるという方式が一般に取られる。

100521 井ノ子入道が釣れたかノ事

樹脂のポリアイソソルによって反射戻り光はある程度防ぐことができるが、戻り光の絶対値を1 mWレベルまで高めた高出力LEDでは、戻り光の絶対値が大きい動作となり、この近視燃反射の影響で、1 GHz 前後以上の高速度動作おこなうときに発熱動作が不安定になる。ためにノイズが増大したような問題が生ずる。特に、発光波長の純度が低く、高直、高指向、長距離伝送に使用されるDFBレーザではこの戻り光の低減が重要である。

この点の重要性がある。

10053) 従って、本発明では図15のように透光性樹脂のポテンシャルにより斜めカットされた光ファイバ端でのLEDの戻り光の反射率を下げる効果を有する。も

反射角	2 α
[0058]	

屈折角 $\theta = \sin^{-1}(n_2 \sin \theta_0)$

【0059】 媒質をどのように変えても反射角は変わらず 2α なのである。 2α が全反射角以上なら ($2\alpha >$

反射光は戻り光にならない。それは媒質が何であつても言えることである。だからフレイム面を傾けると戻り光を抑止できる。

【0060】ところが屈折は違うので、媒質によって屈折角 θ が異なってしまう。媒質屈折率がフレイバ屈折率に近いと屈折角 θ が殆ど0になってしまう。 α がどのよ

の場合にはPDに入射するし、LDの場合はファイバ端面が光になる ($\theta < \varphi$)。だからパッシブアライメントであっても良いということになる。図8のような傾斜端面のものでは芯が多量であったが、それは微留が原因（こ

1. 0.0) だからである。性質をフレイバ屈折率に近屈折率の透光性樹脂にすれば屈折率が0に近くなり調子が良くなる。当業者であれば知識が深いだけに傾斜面=調必須という固定観念を打ち払うことは難しか

1061]

【実施例】〔発覚例1〕（薄発露型PD）図6、図7に構成の受光光電素子を作製した。S1～ベンチ2の3段にV階6、7を穿ち、フェルシド、光アライバをV階に固定する。下段4にPD5を取付け、光アライバ9とPD5の間に透光性樹脂14を付ける。光アライバ端面16は斜めカットされる。この受光素子を用いては樹脂でエポキシドするが、その状態の図示は省略する。

0062] ここでは、1. 3 μ 光に対するシングル

ちろん、光ファイバから来て、端面反射して光ファイバに戻る反射戻り光が抑制されるのはPDの例で述べたのと同様である。斜め切斷ファイバを用いると結合効率の低下が心配されよう。しかし、それも懸念するほどでない。これは後に述べる。

【00554】では、なぜ今までこのような発明がなされなかったのか？つまり誰が、

終極のメソッド＝光輝からのすれ＝預言必須＝パッシブアライメント不可能
 というような既成概念に捕らわれていたのである。

10055, 本発明者は、このような既成概念を打破して、理論と実験からアイデアを realization すること成功した。

【0056】 鏡は透光性前層にある。が、問題の本質は屈折と反射の非対称性にある。媒質屈折率によって屈折角は変わるが、反射角は不変である。屈折はスネルの法則に従うが、反射は単純に反射法則に従う。

[0057]

(7)

$\frac{1}{n} \cdot n - a \quad (8)$

フォトリソグラフィ (SMF) の先端で 2 度の傾斜角にカットした、受光素子に InGaAs を受光層とする構成の PPD である。シリコン系の透過性結晶層を光アライナ PFD 間にボウラインゲルと酸化させた。ORL = 3 dB 、 $\text{FWHM} = 3.6 \text{ dB}$ であった。感度は 0. 8 A/W であった。光アライナ端が直角に切削されており同じシリコン系透光性結晶層で被覆されている場合と感度はほとんど同じであった。

【0063】 〔実施例2〕

示す構成の光モジュールを製造した。1. 3 μm 光の照射方向にフッ素化ポリイミド（SPF）の厚さ約4 mm の透明なインサートを用いた。受光子は InGaAs を受層とする垂直型結晶型 PD である。フッ素化ポリイミド層をエッチ、InGaAs・PD 間にゲタインゾノバ障壁酸化された ORL = 43 dB ~ 50 dB である。感度は 8 A/W であった。光ファイバ線が直向に向所されるおりに同じフッ素化ポリイミド系有機性樹脂で被覆されているかと感度ほとんど同じであった。

日 本 電 気 学 会 誌 第 10 卷 第 1 号

図1に、図17の例を示す。Si基板6の上にV溝4を矩形性エッチングによって形成する。光ファイバ7をV溝46に入れ固定する。基板6の上表面は平坦面PD48を固定する。光ファイバ端面49は斜めに切断されている。ファイバ端面49とPD48裏面に空間隙は透光性樹脂50が充填される。V溝4の端部はミラー面6となつてゐる。ファイバ端面4の端部は透光性樹脂50を通過し、ミラー面6から出射光51は、透光性樹脂50を通過し、ミラー

面52で上方に反射され(53)、PD48の裏面から侵入し(54)、受光部55にいたる。

[0065]ここでは1.3μm光に対するシングルモードファイバ(SMF)の先端を4度の傾斜角に切断した。受光端子はInGaAsを受光層とする裏面入射型のPDで受光層は100μmである。PDとファイバの間にシリコーン系透光樹脂をボツボツと充填硬化させた。ORL=45dB〜50dBであった。

[0066]裏面入射型PDは受光径が小さく取れるので表側のトレランスが広い。±10μm程度もある。それで高感度を得やすい。本発明のように光ファイバが斜めカットされていても受光面での光の位置ズレが殆ど無い。感度は約0.9A/Wと高い。これは光ファイバ端面が直角に切断されており同じシリコーン系透光樹脂でボツボツ充填されている場合の感度とほぼ同じであった。

[0067]【実施例4(上面入射型PD)】本発明はもちろん上面入射型の受光モジュールにも適用することができる。その実施例を図18に示す。S基板56に凹部57を形成する。凹部57のーの底面は下向きの傾斜面となっている。段部58に斜め切断ファイバ59を嵌めさせて固定する。凹部57の底に上面入射型PD60を固定する。凹部の全体を透光樹脂62によって覆う。光ファイバ59から出た光63は透光樹脂62を通り、下向き傾斜面61に当たって反射光64となりPD60の受光部65に入射する。ファイバ端面が斜めであるから端面反射光66は光ファイバの伝搬光にならない。効果は実施例3の裏面入射型PDの場合と同じである。

[0068]【実施例5(側面入射型PD)】本発明は側面入射型のPDにも適用できる。図19によって説明する。基板67の上にPD68と光ファイバ71を固定するのであるが、同じ高さに固定できるので基板構造が単純化される。PD68の下半部が斜め傾斜面となっている。光ファイバ端面は斜め切断されている。光ファイバとPDとの間は透光樹脂72が介在する。光ファイバ71の出力光は透光樹脂72を通りPD68側面70から内部に入り受光部69に入射する。この場合もファイバ端面での反射光73が傾斜に対して大きい角度を持つので放射モードとなり伝播できない。効果は実施例3の裏面入射型PDの場合と同じである。

[0069]【実施例6(プリズム波長分波器)】本発明の適用範囲は広い。PD、LD以外にもさまざまな光学部品と、光ファイバ、導波路との結合に利用できる。波長分級プリズムへの応用を図20によって説明する。波長分波器74は、三柱状のプリズムの斜辺面に誘電体多層膜75を積層して貼付合わせたものである。四角柱形状になっているが、その3面に光ファイバ76、77、78を対向させたものである。光ファイバの端面79、80、81は傾斜に対し直角でなく傾斜している。光フ

ィバに屈折率が近似した透光性樹脂82によって波長分波路と光ファイバが包囲される。多層膜75が波長選択性をもつ。光ファイバ76からλ₁、λ₂の光をプリズム型波長分波器に入射する。λ₁は多層膜75で反射され、直角方向に光ファイバ77へ配分される。λ₂は多層膜75を透過して光ファイバ78に入る。光ファイバ端面が傾斜しているから反射光はもとの軸路を戻す事はできない。例えば光ファイバ76の端面反射光83はすぐに減衰してしまう。

[0070]【実施例7(反射防止膜)】PDその他の光学部品の表面には、光の波長と透光性樹脂の屈折率に対応した反射防止膜を付けておくのがよい。これまでも反射防止膜の事はことさらに書いていたが、PD、光学部品の入力側端面には反射防止膜が設けられている。そのようにすればPD表面や、光学部品表面での反射は微弱であるから光損失のレーザに戻らない。光ファイバ端面にも反射防止膜を付けることができるが端面反射光が戻るとい問題も無くなるのである。すると本発明も不要ということになる。しかし光ファイバの端面に反射防止膜を付けるのは確し実用的でない。だから本発明は斜めカットと透光性樹脂によって端面反射を極力抑制しようとするのである。

[0071]【実施例8(光軸傾斜)】PD、LD、光学部品の入射面を光軸に対して斜めしておくのも有効である。図21にその構成を示す。光ファイバ84の端面を斜めに切断し、光学部品85と光ファイバ間に透光樹脂86を満たす。それに加えて光学部品85と光ファイバの光軸を食い違わせる。ファイバ端面での反射光87は角度が大きいかから伝播しない。光学部品での反射光88は光ファイバに戻らない。より完全に戻り光の喪失を除く事ができる。

[0072]【実施例9(光分波器、光結合器)】光学部品が平面導波路型光回路(PLC)技術を利用した光分波器、波長分波器、光結合器などであってもよい。図22にPLC型光分波器に本発明を適用した実施例を示す。平行四辺形のSi基板89の上に、SiO₂、Ge-SiO₂、SiO₂の3層構造をスパッタリングなどによって形成し、Y分岐を渡してエッチング除去する。Y型のSiO₂の導波路90、91、92が形成される。これは二つの波長λ₁、λ₂に対して選択性のある分岐導波路である。基板が平行四辺形であるから導波路の端面は傾斜している。光ファイバ93、94、95を導波路の先端に対向するように設ける。光ファイバの端面96、97、98は斜め研磨してある。光ファイバの端面96にλ₁、λ₂の2波長の光を導入する。分岐によって分離された光ファイバ94にはλ₁、95にはλ₂が選択的に結合する。光ファイバの端面が傾斜しており導波路の端面も傾斜している。だから反射光が光源のレーザに戻るということはない。

[0073]【実施例10(半導体レーザ)】次に半導

体レーザに本発明を適用した場合の実施例を述べる。本発明は光ファイバ又は導波路の端面を斜めカットし、任意の光学部品と対向させ、少なくとも端面を透光性樹脂によって覆ったということに特徴がある。これまでは受光端子(PD)モジュールへの適用を述べたが、発光端子(LD)モジュールにも適用することができる。

[0074]図23、図24に本発明をレーザ送信器に適用したものを示す。光ファイバ103の端面104が斜めカットしてある。基板105にこの光ファイバ103を固定し、LD106を並走させに取り付ける。端面104とLD106の間には透光性樹脂110が設けられている。発光部104から光ファイバ103に入り伝搬光(出力光)109になる。端面での反射光110が生ずるが、発光部には戻らない。LD106はInP系のMQW-LDである。その寸法は長さ300μm(L)、幅250μm(W)、厚み100μm(t)である。これはInP基板の上にInGaAsP系の発光部を設けたものである。発光部幅は1μm、厚みは0.2μmである。LD端面と光ファイバ端面の距離は70μm〜20μm程度に設定する。

[0075]戻り光がないので、駆動電流と出力との関係に乱れが生じたり、発光波長のスペクトルが二つに分かれるなどの不具合が無くくなった。もちろん、外部からの光に対して、光ファイバ端面そのものの反射は-40dB以下に抑えられている。

[0076]ただし外部から見た全体のORLは、LDの発光光の光ファイバへの結合効率で決まる。だから、LDの場合は、むしろLDの光が光ファイバ端面で反射して戻ってくるのをほぼ完全に抑制できるといふ点に本発明の効果がある。すなわち、斜め切断により反射光を減へせられ、透光性樹脂によって反射率を減らすという

つまり
[0084]
[0085]

屈折光 $\angle KMG = \theta = \alpha - \sin^{-1}(n_s \sin \alpha / n_i)$ (13)
これは当然でレーザから光ファイバコアを見込む立体角が減少するからである。
[0086]図40はファイバ端面を斜めカットしたときのカット角度(α)と結合効率の関係を示すグラフである。パラメータが距離L(μm)になっているから図39との対応が分かりにくい。これを右へ広げると図39になる。パラメータを距離としたのは取がある。10μm刻みでαと結合効率の関係を計算しているが、Lが0〜100μmのいずれにおいても、αが増えれば結合効率が増える。例えばL=100μmで、α=0°で-13.1dB程度、α=10°で-13.2dB程度、α=20°で-13.1dB程度、α=30°で-13.0dB程度、α=40°で-12.9dB程度、α=50°で-12.8dB程度、α=60°で-12.7dB程度、α=70°で-12.6dB程度、α=80°で-12.5dB程度、α=90°で-12.4dB程度、α=100°で-12.3dB程度、α=110°で-12.2dB程度、α=120°で-12.1dB程度、α=130°で-12.0dB程度、α=140°で-11.9dB程度、α=150°で-11.8dB程度、α=160°で-11.7dB程度、α=170°で-11.6dB程度、α=180°で-11.5dB程度、α=190°で-11.4dB程度、α=200°で-11.3dB程度、α=210°で-11.2dB程度、α=220°で-11.1dB程度、α=230°で-11.0dB程度、α=240°で-10.9dB程度、α=250°で-10.8dB程度、α=260°で-10.7dB程度、α=270°で-10.6dB程度、α=280°で-10.5dB程度、α=290°で-10.4dB程度、α=300°で-10.3dB程度、α=310°で-10.2dB程度、α=320°で-10.1dB程度、α=330°で-10.0dB程度、α=340°で-9.9dB程度、α=350°で-9.8dB程度、α=360°で-9.7dB程度、α=370°で-9.6dB程度、α=380°で-9.5dB程度、α=390°で-9.4dB程度、α=400°で-9.3dB程度、α=410°で-9.2dB程度、α=420°で-9.1dB程度、α=430°で-9.0dB程度、α=440°で-8.9dB程度、α=450°で-8.8dB程度、α=460°で-8.7dB程度、α=470°で-8.6dB程度、α=480°で-8.5dB程度、α=490°で-8.4dB程度、α=500°で-8.3dB程度、α=510°で-8.2dB程度、α=520°で-8.1dB程度、α=530°で-8.0dB程度、α=540°で-7.9dB程度、α=550°で-7.8dB程度、α=560°で-7.7dB程度、α=570°で-7.6dB程度、α=580°で-7.5dB程度、α=590°で-7.4dB程度、α=600°で-7.3dB程度、α=610°で-7.2dB程度、α=620°で-7.1dB程度、α=630°で-7.0dB程度、α=640°で-6.9dB程度、α=650°で-6.8dB程度、α=660°で-6.7dB程度、α=670°で-6.6dB程度、α=680°で-6.5dB程度、α=690°で-6.4dB程度、α=700°で-6.3dB程度、α=710°で-6.2dB程度、α=720°で-6.1dB程度、α=730°で-6.0dB程度、α=740°で-5.9dB程度、α=750°で-5.8dB程度、α=760°で-5.7dB程度、α=770°で-5.6dB程度、α=780°で-5.5dB程度、α=790°で-5.4dB程度、α=800°で-5.3dB程度、α=810°で-5.2dB程度、α=820°で-5.1dB程度、α=830°で-5.0dB程度、α=840°で-4.9dB程度、α=850°で-4.8dB程度、α=860°で-4.7dB程度、α=870°で-4.6dB程度、α=880°で-4.5dB程度、α=890°で-4.4dB程度、α=900°で-4.3dB程度、α=910°で-4.2dB程度、α=920°で-4.1dB程度、α=930°で-4.0dB程度、α=940°で-3.9dB程度、α=950°で-3.8dB程度、α=960°で-3.7dB程度、α=970°で-3.6dB程度、α=980°で-3.5dB程度、α=990°で-3.4dB程度、α=1000°で-3.3dB程度、α=1010°で-3.2dB程度、α=1020°で-3.1dB程度、α=1030°で-3.0dB程度、α=1040°で-2.9dB程度、α=1050°で-2.8dB程度、α=1060°で-2.7dB程度、α=1070°で-2.6dB程度、α=1080°で-2.5dB程度、α=1090°で-2.4dB程度、α=1100°で-2.3dB程度、α=1110°で-2.2dB程度、α=1120°で-2.1dB程度、α=1130°で-2.0dB程度、α=1140°で-1.9dB程度、α=1150°で-1.8dB程度、α=1160°で-1.7dB程度、α=1170°で-1.6dB程度、α=1180°で-1.5dB程度、α=1190°で-1.4dB程度、α=1200°で-1.3dB程度、α=1210°で-1.2dB程度、α=1220°で-1.1dB程度、α=1230°で-1.0dB程度、α=1240°で-0.9dB程度、α=1250°で-0.8dB程度、α=1260°で-0.7dB程度、α=1270°で-0.6dB程度、α=1280°で-0.5dB程度、α=1290°で-0.4dB程度、α=1300°で-0.3dB程度、α=1310°で-0.2dB程度、α=1320°で-0.1dB程度、α=1330°で0dB程度、α=1340°で0.1dB程度、α=1350°で0.2dB程度、α=1360°で0.3dB程度、α=1370°で0.4dB程度、α=1380°で0.5dB程度、α=1390°で0.6dB程度、α=1400°で0.7dB程度、α=1410°で0.8dB程度、α=1420°で0.9dB程度、α=1430°で1.0dB程度、α=1440°で1.1dB程度、α=1450°で1.2dB程度、α=1460°で1.3dB程度、α=1470°で1.4dB程度、α=1480°で1.5dB程度、α=1490°で1.6dB程度、α=1500°で1.7dB程度、α=1510°で1.8dB程度、α=1520°で1.9dB程度、α=1530°で2.0dB程度、α=1540°で2.1dB程度、α=1550°で2.2dB程度、α=1560°で2.3dB程度、α=1570°で2.4dB程度、α=1580°で2.5dB程度、α=1590°で2.6dB程度、α=1600°で2.7dB程度、α=1610°で2.8dB程度、α=1620°で2.9dB程度、α=1630°で3.0dB程度、α=1640°で3.1dB程度、α=1650°で3.2dB程度、α=1660°で3.3dB程度、α=1670°で3.4dB程度、α=1680°で3.5dB程度、α=1690°で3.6dB程度、α=1700°で3.7dB程度、α=1710°で3.8dB程度、α=1720°で3.9dB程度、α=1730°で4.0dB程度、α=1740°で4.1dB程度、α=1750°で4.2dB程度、α=1760°で4.3dB程度、α=1770°で4.4dB程度、α=1780°で4.5dB程度、α=1790°で4.6dB程度、α=1800°で4.7dB程度、α=1810°で4.8dB程度、α=1820°で4.9dB程度、α=1830°で5.0dB程度、α=1840°で5.1dB程度、α=1850°で5.2dB程度、α=1860°で5.3dB程度、α=1870°で5.4dB程度、α=1880°で5.5dB程度、α=1890°で5.6dB程度、α=1900°で5.7dB程度、α=1910°で5.8dB程度、α=1920°で5.9dB程度、α=1930°で6.0dB程度、α=1940°で6.1dB程度、α=1950°で6.2dB程度、α=1960°で6.3dB程度、α=1970°で6.4dB程度、α=1980°で6.5dB程度、α=1990°で6.6dB程度、α=2000°で6.7dB程度、α=2010°で6.8dB程度、α=2020°で6.9dB程度、α=2030°で7.0dB程度、α=2040°で7.1dB程度、α=2050°で7.2dB程度、α=2060°で7.3dB程度、α=2070°で7.4dB程度、α=2080°で7.5dB程度、α=2090°で7.6dB程度、α=2100°で7.7dB程度、α=2110°で7.8dB程度、α=2120°で7.9dB程度、α=2130°で8.0dB程度、α=2140°で8.1dB程度、α=2150°で8.2dB程度、α=2160°で8.3dB程度、α=2170°で8.4dB程度、α=2180°で8.5dB程度、α=2190°で8.6dB程度、α=2200°で8.7dB程度、α=2210°で8.8dB程度、α=2220°で8.9dB程度、α=2230°で9.0dB程度、α=2240°で9.1dB程度、α=2250°で9.2dB程度、α=2260°で9.3dB程度、α=2270°で9.4dB程度、α=2280°で9.5dB程度、α=2290°で9.6dB程度、α=2300°で9.7dB程度、α=2310°で9.8dB程度、α=2320°で9.9dB程度、α=2330°で10.0dB程度、α=2340°で10.1dB程度、α=2350°で10.2dB程度、α=2360°で10.3dB程度、α=2370°で10.4dB程度、α=2380°で10.5dB程度、α=2390°で10.6dB程度、α=2400°で10.7dB程度、α=2410°で10.8dB程度、α=2420°で10.9dB程度、α=2430°で11.0dB程度、α=2440°で11.1dB程度、α=2450°で11.2dB程度、α=2460°で11.3dB程度、α=2470°で11.4dB程度、α=2480°で11.5dB程度、α=2490°で11.6dB程度、α=2500°で11.7dB程度、α=2510°で11.8dB程度、α=2520°で11.9dB程度、α=2530°で12.0dB程度、α=2540°で12.1dB程度、α=2550°で12.2dB程度、α=2560°で12.3dB程度、α=2570°で12.4dB程度、α=2580°で12.5dB程度、α=2590°で12.6dB程度、α=2600°で12.7dB程度、α=2610°で12.8dB程度、α=2620°で12.9dB程度、α=2630°で13.0dB程度、α=2640°で13.1dB程度、α=2650°で13.2dB程度、α=2660°で13.3dB程度、α=2670°で13.4dB程度、α=2680°で13.5dB程度、α=2690°で13.6dB程度、α=2700°で13.7dB程度、α=2710°で13.8dB程度、α=2720°で13.9dB程度、α=2730°で14.0dB程度、α=2740°で14.1dB程度、α=2750°で14.2dB程度、α=2760°で14.3dB程度、α=2770°で14.4dB程度、α=2780°で14.5dB程度、α=2790°で14.6dB程度、α=2800°で14.7dB程度、α=2810°で14.8dB程度、α=2820°で14.9dB程度、α=2830°で15.0dB程度、α=2840°で15.1dB程度、α=2850°で15.2dB程度、α=2860°で15.3dB程度、α=2870°で15.4dB程度、α=2880°で15.5dB程度、α=2890°で15.6dB程度、α=2900°で15.7dB程度、α=2910°で15.8dB程度、α=2920°で15.9dB程度、α=2930°で16.0dB程度、α=2940°で16.1dB程度、α=2950°で16.2dB程度、α=2960°で16.3dB程度、α=2970°で16.4dB程度、α=2980°で16.5dB程度、α=2990°で16.6dB程度、α=3000°で16.7dB程度、α=3010°で16.8dB程度、α=3020°で16.9dB程度、α=3030°で17.0dB程度、α=3040°で17.1dB程度、α=3050°で17.2dB程度、α=3060°で17.3dB程度、α=3070°で17.4dB程度、α=3080°で17.5dB程度、α=3090°で17.6dB程度、α=3100°で17.7dB程度、α=3110°で17.8dB程度、α=3120°で17.9dB程度、α=3130°で18.0dB程度、α=3140°で18.1dB程度、α=3150°で18.2dB程度、α=3160°で18.3dB程度、α=3170°で18.4dB程度、α=3180°で18.5dB程度、α=3190°で18.6dB程度、α=3200°で18.7dB程度、α=3210°で18.8dB程度、α=3220°で18.9dB程度、α=3230°で19.0dB程度、α=3240°で19.1dB程度、α=3250°で19.2dB程度、α=3260°で19.3dB程度、α=3270°で19.4dB程度、α=3280°で19.5dB程度、α=3290°で19.6dB程度、α=3300°で19.7dB程度、α=3310°で19.8dB程度、α=3320°で19.9dB程度、α=3330°で20.0dB程度、α=3340°で20.1dB程度、α=3350°で20.2dB程度、α=3360°で20.3dB程度、α=3370°で20.4dB程度、α=3380°で20.5dB程度、α=3390°で20.6dB程度、α=3400°で20.7dB程度、α=3410°で20.8dB程度、α=3420°で20.9dB程度、α=3430°で21.0dB程度、α=3440°で21.1dB程度、α=3450°で21.2dB程度、α=3460°で21.3dB程度、α=3470°で21.4dB程度、α=3480°で21.5dB程度、α=3490°で21.6dB程度、α=3500°で21.7dB程度、α=3510°で21.8dB程度、α=3520°で21.9dB程度、α=3530°で22.0dB程度、α=3540°で22.1dB程度、α=3550°で22.2dB程度、α=3560°で22.3dB程度、α=3570°で22.4dB程度、α=3580°で22.5dB程度、α=3590°で22.6dB程度、α=3600°で22.7dB程度、α=3610°で22.8dB程度、α=3620°で22.9dB程度、α=3630°で23.0dB程度、α=3640°で23.1dB程度、α=3650°で23.2dB程度、α=3660°で23.3dB程度、α=3670°で23.4dB程度、α=3680°で23.5dB程度、α=3690°で23.6dB程度、α=3700°で23.7dB程度、α=3710°で23.8dB程度、α=3720°で23.9dB程度、α=3730°で24.0dB程度、α=3740°で24.1dB程度、α=3750°で24.2dB程度、α=3760°で24.3dB程度、α=3770°で24.4dB程度、α=3780°で24.5dB程度、α=3790°で24.6dB程度、α=3800°で24.7dB程度、α=3810°で24.8dB程度、α=3820°で24.9dB程度、α=3830°で25.0dB程度、α=3840°で25.1dB程度、α=3850°で25.2dB程度、α=3860°で25.3dB程度、α=3870°で25.4dB程度、α=3880°で25.5dB程度、α=3890°で25.6dB程度、α=3900°で25.7dB程度、α=3910°で25.8dB程度、α=3920°で25.9dB程度、α=3930°で26.0dB程度、α=3940°で26.1dB程度、α=3950°で26.2dB程度、α=3960°で26.3dB程度、α=3970°で26.4dB程度、α=3980°で26.5dB程度、α=3990°で26.6dB程度、α=4000°で26.7dB程度、α=4010°で26.8dB程度、α=4020°で26.9dB程度、α=4030°で27.0dB程度、α=4040°で27.1dB程度、α=4050°で27.2dB程度、α=4060°で27.3dB程度、α=4070°で27.4dB程度、α=4080°で27.5dB程度、α=4090°で27.6dB程度、α=4100°で27.7dB程度、α=4110°で27.8dB程度、α=4120°で27.9dB程度、α=4130°で28.0dB程度、α=4140°で28.1dB程度、α=4150°で28.2dB程度、α=4160°で28.3dB程度、α=4170°で28.4dB程度、α=4180°で28.5dB程度、α=4190°で28.6dB程度、α=4200°で28.7dB程度、α=4210°で28.8dB程度、α=4220°で28.9dB程度、α=4230°で29.0dB程度、α=4240°で29.1dB程度、α=4250°で29.2dB程度、α=4260°で29.3dB程度、α=4270°で29.4dB程度、α=4280°で29.5dB程度、α=4290°で29.6dB程度、α=4300°で29.7dB程度、α=4310°で29.8dB程度、α=4320°で29.9dB程度、α=4330°で30.0dB程度、α=4340°で30.1dB程度、α=4350°で30.2dB程度、α=4360°で30.3dB程度、α=4370°で30.4dB程度、α=4380°で30.5dB程度、α=4390°で30.6dB程度、α=4400°で30.7dB程度、α=4410°で30.8dB程度、α=4420°で30.9dB程度、α=4430°で31.0dB程度、α=4440°で31.1dB程度、α=4450°で31.2dB程度、α=4460°で31.3dB程度、α=4470°で31.4dB程度、α=4480°で31.5dB程度、α=4490°で31.6dB程度、α=4500°で31.7dB程度、α=4510°で31.8dB程度、α=4520°で31.9dB程度、α=4530°で32.0dB程度、α=4540°で32.1dB程度、α=4550°で32.2dB程度、α=4560°で32.3dB程度、α=4570°で32.4dB程度、α=4580°で32.5dB程度、α=4590°で32.6dB程度、α=4600°で32.7dB程度、α=4610°で32.8dB程度、α=4620°で32.9dB程度、α=4630°で33.0dB程度、α=4640°で33.1dB程度、α=4650°で33.2dB程度、α=4660°で33.3dB程度、α=4670°で33.4dB程度、α=4680°で33.5dB程度、α=4690°で33.6dB程度、α=4700°で33.7dB程度、α=4710°で33.8dB程度、α=4720°で33.9dB程度、α=4730°で34.0dB程度、α=4740°で34.1dB程度、α=4750°で34.2dB程度、α=4760°で34.3dB程度、α=4770°で34.4dB程度、α=4780°で34.5dB程度、α=4790°で34.6dB程度、α=4800°で34.7dB程度、α=4810°で34.8dB程度、α=4820°で34.9dB程度、α=4830°で35.0dB程度、α=4840°で35.1dB程度、α=4850°で35.2dB程度、α=4860°で35.3dB程度、α=4870°で35.4dB程度、α=4880°で35.5dB程度、α=4890°で35.6dB程度、α=4900°で35.7dB程度、α=4910°で35.8dB程度、α=4920°で35.9dB程度、α=4930°で36.0dB程度、α=4940°で36.1dB程度、α=4950°で36.2dB程度、α=4960°で36.3dB程度、α=4970°で36.4dB程度、α=4980°で36.5dB程度、α=4990°で36.6dB程度、α=5000°で36.7dB程度、α=5010°で36.8dB程度、α=5020°で36.9dB程度、α=5030°で37.0dB程度、α=5040°で37.1dB程度、α=5050°で37.2dB程度、α=5060°で37.3dB程度、α=5070°で37.4dB程度、α=5080°で37.5dB程度、α=5090°で37.6dB程度、α=5100°で37.7dB程度、α=5110°で37.8dB程度、α=5120°で37.9dB程度、α=5130°で38.0dB程度、α=5140°で38.1dB程度、α=5150°で38.2dB程度、α=5160°で38.3dB程度、α=5170°で38.4dB程度、α=5180°で38.5dB程度、α=5190°で38.6dB程度、α=5200°で38.7dB程度、α=5210°で38.8dB程度、α=5220°で38.9dB程度、α=5230°で39.0dB程度、α=5240°で39.1dB程度、α=5250°で39.2dB程度、α=5260°で39.3dB程度、α=5270°で39.4dB程度、α=5280°で39.5dB程度、α=5290°で39.6dB程度、α=5300°で39.7dB程度、α=5310°で39.8dB程度、α=5320°で39.9dB程度、α=5330°で40.0dB程度、α=5340°で40.1dB程度、α=5350°で40.2dB程度、α=5360°で40.3dB程度、α=5370°で40.4dB程度、α=5380°で40.5dB程度、α=5390°で40.6dB程度、α=5400°で40.7dB程度、α=5410°で40.8dB程度、α=5420°で40.9dB程度、α=5430°で41.0dB程度、α=5440°で41.1dB程度、α=5450°で41.2dB程度、α=5460°で41.3dB程度、α=5470°で41.4dB程度、α=5480°で41.5dB程度、α=5490°で41.6dB程度、α=5500°で41.7dB程度、α=5510°で41.8dB程度、α=5520°で41.9dB程度、α=5530°で42.0dB程度、α=5540°で42.1dB程度、α=5550°で42.2dB程度、α=5560°で42.3dB程度、α=5570°で42.4dB程度、α=5580°で42.5dB程度、α=5590°で42.6dB程度、α=5600°で42.7dB程度、α=5610°で42.8dB程度、α=5620°で42.9dB程度、α=5630°で43.0dB程度、α=5640°で43.1dB程度、α=5650°で43.2dB程度、α=5660°で43.3dB程度、α=5670°で43.4dB程度、α=5680°で43.5dB程度、α=5690°で43.6dB程度、α=5700°で43.7dB程度、α=5710°で43.8dB程度、α=5720°で43.9dB程度、α=5730°で44.0dB程度、α=5740°で44.1dB程度、α=5750°で44.2dB程度、α=5760°で44.3dB程度、α=5770°で44.4dB程度、α=5780°で44.5dB程度、α=5790°で44.6dB程度、α=5800°で44.7dB程度、α=5810°で44.8dB程度、α=5820°で44.9dB程度、α=5830°で45.0dB程度、α=5840°で45.1dB程度、α=5850°で45.2dB程度、α=5860°で45.3dB程度、α=5870°で45.4dB程度、α=5880°で45.5dB程度、α=5890°で45.6dB程度、α=5900°で45.7dB程度、α=5910°で45.8dB程度、α=5920°で45.9dB程度、α=5930°で46.0dB程度、α=5940°で46.1dB程度、α=5950°で46.2dB程度、α=5960°で46.3dB程度、α=5970°で46.4dB程度、α=5980°で46.5dB程度、α=5990°で46.6dB程度、α=6000°で46.7dB程度、α=6010°で46.8dB程度、α=6020°で46.9dB程度、α=6030°で47.0dB程度、α=6040°で47.1dB程度、α=6050°で47.2dB程度、α=6060°で47.3dB程度、α=6070°で47.4dB程度、α=6080°で47.5dB程度、α=6090°で47.6dB程度、α=6100°で47.7dB程度、α=6110°で47.8dB程度、α=6120°で47.9dB程度、α=6130°で48.0dB程度、α=6140°で48.1dB程度、α=6150°で48.2dB程度、α=6160°で48.3dB程度、α=6170°で48.4dB程度、α=6180°で48.5dB程度、α=6190°で48.6dB程度、α=6200°で48.7dB程度、α=6210°で48.8dB程度、α=6220°で48.9dB程度、α=6230°で49.0dB程度、α=6240°で49.1dB程度、α=6250°で49.2dB程度、α=6260°で49.3dB程度、α=6270°で49.4dB程度、α=6280°で49.5dB程度、α=6290°で49.6dB程度、α=6300°で49.7dB程度、α=6310°で49.8dB程度、α=6320°で49.9dB程度、α=6330°で50.0dB程度、α=6340°で50.1dB程度、α=6350°で50.2dB程度、α

となつてゐる。フレイバを斜めカットすると当然に反射光が増え、伝搬光が減るから結合効率が減るだろうと直観的には思われる。だからそのような試みはこれまで存在しなかった。

【0090】 手品の種は透光性樹脂にある。透光性樹脂があるで光フレイバ端面での反射が殆どない、ために殆どの光がフレイバに入つてしまふ。ただ入れば良いというものでない、先述のようにコア・クラッド間の界面で全反射しなければならぬ。幸いなことに屈折率が極めて小さくて、全反射角より小さい($\theta < \theta_c$)のでフレイバ光が全部伝搬光になるのである。つまり透光性樹脂は反射を減らすことと、屈折角 θ を小さくすることによって結合効率を高めているのである。だから当業者の予想に反し、フレイバ端面傾斜があつても、高い結合効率を得ることが出来る。

【0091】 【実施例11】 (半導体レーザ・光導波路) 図26、27によつて半導体レーザと光導波路を結合する送受信モジュールに本発明を適用した実施例11を述べる。Siベンチ112は上段113、下段114に分かれてゐる。下段114には光導波路115が形成される。先端面116は斜めカットされてゐる。Si基板はLSiO₂ベンチ層、Geを含むSiO₂、SiO₂クラッド層を順にスパッタリングによつて堆積させ、中央部の形状部分を減してエッチングすると伝搬状態の光導波路を得る。これを斜めに切つて端面が斜めの導波路を得ることが出来る。上段113にはLD117を発光部119 (ストライプ) が下向きになるように固定する。導波路115端面116とLD117の間は透光性樹脂118で覆ふ。LD117からの出射光120の一部は斜めに反射されるが、反射光121は発光部119に戻らない、レーザ発振は安定で周波数安定性も良い。反射は鏡面で殆どが伝搬光122になる。

【0092】 【実施例12】 (面発光型LD、LED) これまで述べたものは端面発光型のLDであった。本発明は面発光型のLD、LEDにも適用することが出来る。図28によつて説明する。基板123の上に面発光型発光素子124を取り付ける。発光素子124は中央に発光部125を有し上方に光を出す。上方は図面126になつてゐる。発光素子124と直角に光フレイバ127が添てされる。端面130は斜め研磨されてゐる。光フレイバ端と発光素子124の間は透光性樹脂128によつて固まされる。透光性樹脂128は光フレイバに近出した屈折率を持つ。発光素子からの光は端面130から光フレイバに入り伝搬光129になる。反射光は鏡面であり発光部125に戻らない。特に面発光LDに適用した場合にその効果が顕著である。

【0093】 【実施例13】 (面発光型LD、LED) 図29は面発光型発光素子に適用したもう一つの実施例を示す。基板131の上に、面発光型発光素子132を設ける。発光部133は上方に光を出す。図面134に

は発光素子135が固定される。その上方に光フレイバ137が設けられる。透光性樹脂136が発光素子132、レンズ135、光フレイバ端面138を覆つてゐる。これも反射光を鏡面にし、斜めに反射作用がある。だから反射光は発光部に逆戻りしない、レンズを入れると集光性が落ちるのでLEDの場合により効果的である。もともとLEDの場合は反射戻り光は問題にならないので結合効率を高めるという作用の方が大きい。

【0094】 【実施例14】 (送受信モジュール) 本発明はY分岐を用いた光送受信モジュールにも適用することが出来る。その場合、斜めカットするのは光フレイバと光導波路の両方である。これを図30によつて説明する。基板139にはY分岐光導波路140を形成する。先端の場合と同様に、SiO₂、Ge-SiO₂、SiO₂の3層構造をスパッタリングによつて形成し、Y分岐を残してエッチング除去する。その後除去した部分をSiO₂によつて埋め込んでよい。そのまま露出させておいても良い。光導波路140は、分岐導波路141、142と、結合導波路143とよりなる。分岐導波路の先に、LD144、PD145が固定される。光フレイバ146が基板の結合導波路143に向かうように設けられる。導波路端、LD、PDと、導波路端光フレイバを含むように透光性樹脂147、148、149が塗布される。これは光導波路と近似的な屈折率をもつ樹脂である。光導波路端150、151は斜め切断されてゐる。光フレイバ端152も斜め切断される。3箇所で反射戻り光が抑制されるようになつてゐる。

【0095】 【実施例15】 (PIN-AMP) 本発明は前置増幅器(AMP)を有する受光モジュールにも適用することが出来る。図31〜図33によつてPIN-AMPの実施例を説明する。Siベンチ153の上に数段の構造とV溝などをエッチングによつて形成する。Siベンチ153の縦方向中心線に太さいV溝154と小さいV溝155を設ける。フェルム156と光フレイバ157をV溝154、155に埋め込み固定する。光フレイバ先端は斜め切断されている。切断方向がいずれを向くかというのは自由である。フレイバの先に素子入射型PD158が固定される。その背後に前置増幅器(AMP)159を設ける。Siベンチにはメタライズ配線が印刷されたコンデンサチップなども取り付けられる。ワイヤボンディングによつて素子の電極パッド間が接続される。Siベンチの電極パッド間は、メタライズによつて接続される。横方向の溝160は光フレイバ端の位置決めになる。フレイバ端とPDチップは透光性樹脂162によつて覆われている。その上には固定用のエポキシ樹脂165で覆ふ。さらに全体をフェルム樹脂164によつて被覆しバックジとする。図33に示すようなガラスチップパッケージの素子となる。フェルムが突起出ているが、これは光入力端となる。図32によつてフレイバ端から出た光はV溝のミラ

一面で上方に反射されPDの裏面から入射し受光部に入ると。

【0096】 【実施例16】 (複数光フレイバ・複数PD・AMP) 本発明は複数の光フレイバ・PDを組み合わせた複合型受光モジュールにも適用できる。図37にこれを示す。基板167は、平行な複数のV溝168〜170をもつ。ここに光フレイバ171〜173が固定される。その終端部に裏面入射型PD174〜176が設けられる。フレイバ端177、178、179は斜めカットされている。この図では斜めカット面が回転りにどの方向を向いていても良いのである。回転方向を調べないで取り付けるから傾斜面177〜179の向きはランダムである。PDの信号を増幅したり処理したりするための素子183〜191がPDの直後に設けられる。フレイバ端、PDチップは透光性樹脂180〜182によつて覆われている。

【0097】 【実施例17】 (複数光フレイバ・PDフレイバ・AMP) 本発明は複数の光フレイバとPDフレイバを組み合わせた複合型受光モジュールにも適用できる。図38にこれを示す。基板192は、複数の平行なV溝193〜197をもつ。V溝にはそれぞれ光フレイバ198〜202が埋め込んで固定してある。光フレイバの端面は斜めカットしてある。この図では向が揃つてゐるように描かれているが、実際には揃っていないので傾斜方向はバラバラである。基板192の上にはPDフレイバ203が設けられる。裏面入射型のPDを纏めて一つの素子としたものである。増幅器やその他の信号処理回路205〜207がPDフレイバの背後に設けられる。フレイバ端、PDフレイバの前半面は透光性樹脂204によつて覆われている。基板上にはフレイバパターンの描かれている図示を省略している。

【0098】 【発明の効果】 本発明は、光フレイバ・導波路端面を斜め切断し端面を光フレイバ屈折率に近似した屈折率をもつ透光性樹脂によつて包囲してゐる。端面傾斜と透光性樹脂により結合効率を下げることなく反射戻り光をほぼ完全に消滅させることができる。従来のものよりも反射係数値(ORL)を著しく下げる事が出来る。より厳しく反射戻り光が排除される用途に利用することが出来る。ORLに対する要求は将来的により強くなるが、それに巧みに対応できる。より高い周波数の信号処理に利用することができる。

【0099】 端面傾斜にも拘らず透光性樹脂が屈折角を減少させるので腐食は不要である。バックフレイアメントが可能であるから低価格の光学部品を提供することが出来る。さらに表面実装型に適用でき、光学部品の小型化にも効果的である。

【図面の簡単な説明】
【図1】従来例にかかる表面実装型的光受信モジュール

特開2001-21775 (P2001-21775A)
【図2】従来例にかかる表面実装型的光受信モジュールの断面図。
【図3】従来例にかかる表面実装+透光性樹脂散布の光受信モジュールの断面図。
【図4】従来例にかかる表面実装+透光性樹脂散布の光受信モジュールの断面図。
【図5】図3、4の光受信モジュールにおいて透光性樹脂としてフレイバ系樹脂、シリコン系樹脂を塗布した時の、温度変化による反射減衰量(ORL)を示すグラフ。
【図6】本発明の実施例にかかる表面実装型光受信モジュールの断面図。
【図7】本発明の実施例にかかる表面実装型光受信モジュールの断面図。
【図8】従来例にかかる傾斜板型体型の光受信モジュールの断面図。
【図9】斜め切断端面を有する光フレイバから出射されたビームの屈折を説明する断面図。
【図10】フレイバ外部傾斜の屈折率 n_0 をパラメータとしたフレイバ傾斜角 θ と反射減衰量(ORL)の関係を示すグラフ。
【図11】LDチップと光フレイバ直交端面を対向させた従来例にかかるレーザモジュールの概略断面図。
【図12】反射戻り光のために、レーザの駆動電圧、発光出力関係が直線からずれて折れ曲がり点が生ずることを説明するグラフ。
【図13】レーザは複数の波モードをもち反射戻り光のために最も優越するモードが交代することを説明する概略断面図。
【図14】透光性樹脂をLDと光フレイバの間に介在させて戻り光を減らすようにした従来例にかかるレーザモジュールの概略断面図。
【図15】透光性樹脂をLDと光フレイバの間に介在させ、かつ光フレイバ端面を斜めに切断して戻り光を消滅させた本発明にかかるレーザモジュールの概略断面図。
【図16】本発明の実施例にかかる裏面入射型受光素子モジュールの一部断面図(実施例4)。
【図17】本発明の実施例にかかる裏面入射型受光素子モジュールの一部断面図(実施例5)。
【図18】本発明の実施例にかかる上面入射型受光素子モジュールの一部断面図(実施例6)。
【図19】本発明の実施例にかかる側面入射型受光素子モジュールの一部断面図(実施例7)。
【図20】光フレイバと多層膜による波長分離プリズムに本発明を適用した実施例の断面図(実施例8)。
【図21】光フレイバ光軸に対して光学部品軸を傾けた実施例の概略断面図(実施例9)。
【図22】本発明の実施例にかかる平面導波路型光回路(PLC)の断面図(実施例9)。

【図23】レーザと斜めカットファイバを対向し透光性樹脂で覆った本発明の実施例にかかるレーザモジュールの概略平面図（実施例10）。

【図24】本発明の実施例にかかるレーザモジュールの縦断面図（実施例10）。

【図25】レーザと斜めカット光ファイバの間に透光性樹脂（屈折率 n_1 ）が存在するときのビームの進行を示す図。

【図26】レーザと斜めカット導波路を対向させた本発明の実施例にかかる表面実装型レーザモジュールの平面図（実施例11）。

【図27】レーザと斜めカット導波路を対向させた本発明の実施例にかかる表面実装型レーザモジュールの縦断面図（実施例11）。

【図28】面発光型LD、LEDに本発明を適用した実施例を示す縦断面図（実施例12）。

【図29】面発光型LD、LEDに本発明を適用した実施例を示す縦断面図（実施例13）。

【図30】分岐をもつ光送受信モジュールに本発明を適用した実施例を示す平面図（実施例14）。

【図31】Si基板上に形成した光受信モジュールに本発明を適用した実施例の基板配置を示す斜視図（実施例15）。

【図32】実施例15のファイバ端とPDの部分のみの断面図。

【図33】実施例15の全体を樹脂モールドした状態の全体斜視図。

【図34】実施例15の受光素子直前を示す断面図。

【図35】実施例15の中央縦断面図。

【図36】実施例15のファイバを含む断面図。

【図37】複数のファイバ・受光素子対を有する実施例の平面図（実施例16）。

【図38】複数のファイバと、受光素子群を内蔵する受光素子アレイよりなる実施例の平面図（実施例17）。

【図39】ファイバ・PD間が空気である場合において、ファイバ・PD間の距離と、反射係数（ORL）の関係を示すグラフ。

【符号の説明】
1 表面実装型受光モジュール
2 Siベンチ
3 上段
4 下段
5 PDチップ
6 V溝
7 V溝
8 フェルル

61 下向き傾斜面
62 透光性樹脂

63 出射光
64 反射光

65 受光部
66 反射光

67 基板
68 PD

69 受光部
70 傾斜面

71 光ファイバ
72 透光性樹脂

73 反射光
74 波長分岐器

75 多層膜76 光ファイバ
77 光ファイバ

78 光ファイバ
79 傾斜面

80 傾斜面
81 傾斜面

82 反射光
83 反射光

84 光ファイバ
85 光学部品

86 透光性樹脂
87 反射光

88 反射光
89 基板

90 入力導波路
91 分岐導波路

92 分岐導波路
93 光ファイバ

94 光ファイバ
95 光ファイバ

96 傾斜面
97 傾斜面

98 傾斜面
99 傾斜面

100 傾斜面
101 透光性樹脂

102 透光性樹脂
103 光ファイバ

104 端面
105 基板

106 LD
107 受光部

108 入射光
109 伝搬光

110 反射光
111 透光性樹脂

112 Siベンチ
113 上段

114 下段
115 導波路

116 端面
117 LD

118 透光性樹脂
119 受光部

120 出射光
121 反射光

122 伝搬光
123 基板

124 面発光素子
125 発光部

126 凹部
127 光ファイバ

128 透光性樹脂
129 伝搬光

130 端面
131 基板

132 面発光素子
133 発光部

134 凹部
135 レンズ

136 透光性樹脂
137 光ファイバ

138 端面
139 基板

140 導波路
141 分岐導波路

142 分岐導波路
143 統合導波路

144 LD
145 PD

146 光ファイバ
147~149 透光性樹脂

150 導波路端面
151 導波路端面

152 光ファイバ端面
153 Siベンチ

154 V溝
155 V溝

156 フェルル
157 光ファイバ

158 PD
159 AMP

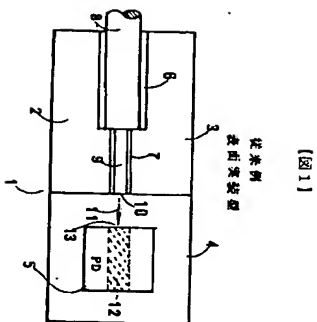
160 溝
161 端面

162 透光性樹脂
163 リードピン

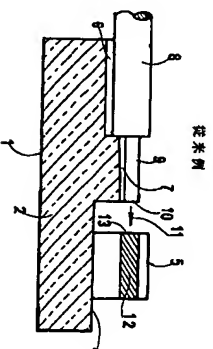
164 樹脂モールドパッケージ

165 固定樹脂
167 基板
168~170 V溝
171~173 光ファイバ
174~176 PD
177~179 端面
180~182 透光性樹脂
183~191 周辺回路素子

192 基板
193~197 V溝
198~202 光ファイバ
203 受光素子アレイ
204 透光性樹脂
205~207 周辺回路
208 コネクタ

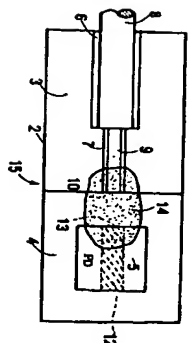


【図1】

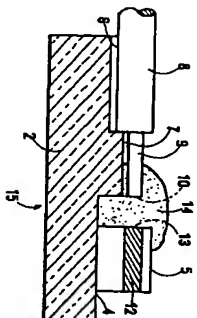


【図2】

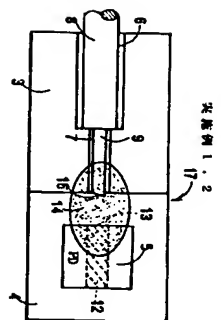
【図4】



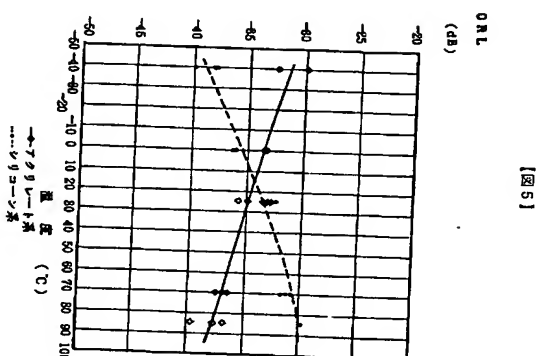
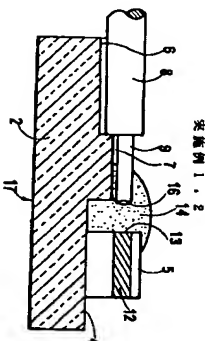
【図3】



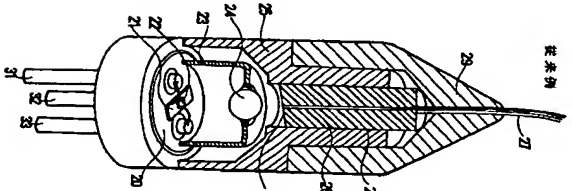
【図6】



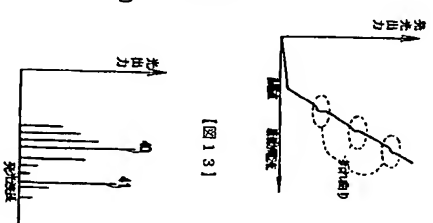
【図7】



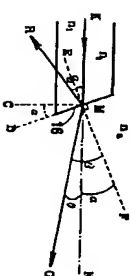
【図5】



【図8】

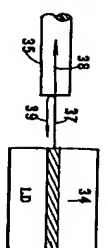


【図13】

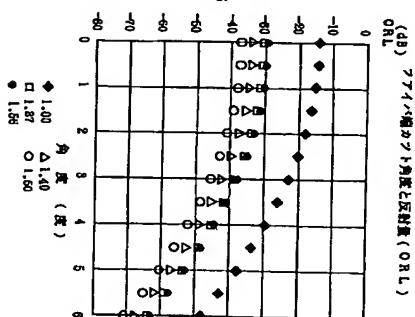


【図9】

【図11】



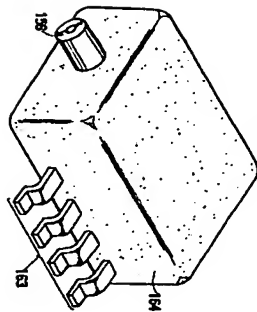
【図21】



【図10】

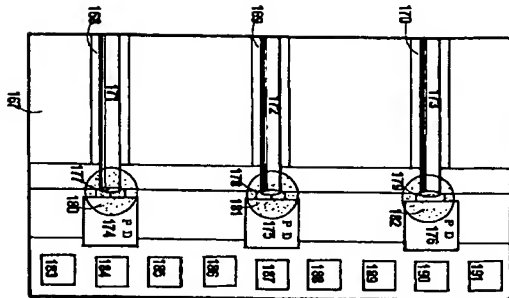
【図33】

実施例15



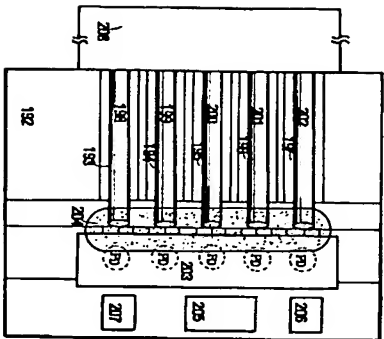
【図37】

実施例16

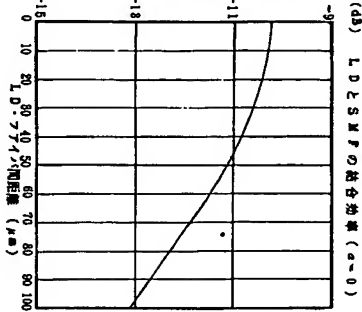


【図38】

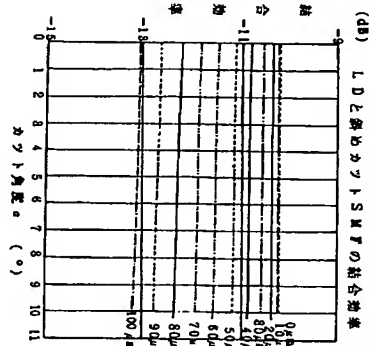
実施例17



【図39】



【図40】



【手続補正書】

【提出日】平成12年3月16日(2000.3.16)

6)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正内容】

【書類名】明細書

【発明の名称】光学装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光線を有する第1の光学部品と、第1光学部品との間で光を送受する受光素子(導波路型、上面入射型、裏面入射型、端面入射型)、発光素子(LED若しくはLD(面発光、端面発光を含む))、光分配器、ビームスプリッタ、光合波器、光ファイバ、レンズ、セルマッソクレンズの何れか、またはこれらの組み合わせによりなる第2の光学部品とを含む、第1の光学部品の光入射端面が光軸直交面に対して傾斜角αで傾斜しており、第1光学部品と第2光学部品が離隔しており、第1光学部品の傾斜端面と第2光学部品の光入射端面の間の空間が第1光学部品の屈折率に近い屈折率を持つ透光性の樹脂によって覆われていることを特徴とする光学装置。

【請求項2】 第1の光学部品と第2の光学部品の間に、1以上の他の光学部品を含む事を特徴とする請求項1に記載の光学装置。

【請求項3】 第1の光学部品が光ファイバが光導波路である事を特徴とする請求項1又は2に記載の光学装置。

【請求項4】 第1の光学部品が2度から8度に傾めカッパされたSiO₂系の光ファイバであり、第2の光学部品がSi、Ge、GaAs、InP、InGaAs、InGaAsPのいずれかの半導体からなるPIN-PD若しくはAPDよりなることを特徴とする請求項3に記載の光学装置。

【請求項5】 第1の光学部品が2度から8度に傾めカッパされたSiO₂系の光導波路であり、第2の光学部品がSi、Ge、GaAs、InP、InGaAs、InGaAsPのいずれかの半導体からなるLED若しくはLDよりなることを特徴とする請求項3に記載の光学装置。

【請求項6】 第1の光学部品が2度から8度に傾めカッパされたSiO₂系の光ファイバであり、第2の光学部品がGaAs、InP、InGaAs、InGaAsPのいずれかの半導体からなるLED若しくはLDよりなることを特徴とする請求項3に記載の光学装置。

【請求項7】 第1の光学部品が2度から8度に傾めカッパされたSiO₂系の光導波路であり、第2の光学部品がGaAs、InP、InGaAs、InGaAsPのいずれかの半導体からなるLED若しくはLDよりなることを特徴とする請求項3に記載の光学装置。

【請求項8】 第1の光学部品と第2の光学部品の間に集光レンズを有することを特徴とする請求項1〜7の何れかに記載の光学装置。

【請求項9】 光学系がS1ベッチの上に構成されたものであることを特徴とする請求項1〜8の何れかに記載の光学装置。

【請求項10】 光学部品や光学系がSiO₂系の平面

導波路によって構成された部分を含む事を特徴とする請求項1～9の何れかに記載の光学装置。

【請求項11】 透光性樹脂がシリコーン系、若しくはアクリレート系であることを特徴とする請求項1～10の何れかに記載の光学装置。

【請求項12】 第1の光学部品が、外部の機構と連動可能な2度～8度の傾斜端面のファイバを有するフェルルであって、S iベンチもしくはセラミック板の上面に固定されており、第2の光学部品がL DあるいはL E Dのいずれかの発光素子であってS iベンチもしくはセラミック板上に形成されたマウント部に固定され、第1の光学部品と第2の光学部品との間の光路がシリコーン系またはアクリレート系の透光性樹脂によって充たされ、さらにその上を非透光性の樹脂によって覆ったことを特徴とする請求項1に記載の光学装置。

【請求項13】 第1の光学部品が、外部の機構と連動可能な2度～8度の傾斜端面のファイバを有するフェルルであって、S iベンチもしくはセラミック板の上面に固定されており、第2の光学部品がP D、A P DあるいはA M P付発光素子P Dのいずれかの発光素子であってS iベンチもしくはセラミック板上に形成されたマウント部に固定され、第1の光学部品と第2の光学部品の間の光路がシリコーン系またはアクリレート系の透光性樹脂によって覆って充たされ、さらにその上を非透光性の樹脂によって覆ったことを特徴とする請求項1に記載の光学装置。

【請求項14】 第1の光学部品が、外部の機構と連動可能な2度～8度の傾斜端面のファイバを有するフェルルであって、S iベンチもしくはセラミック板の上面に固定されており、第2の光学部品がP D、A P DあるいはA M P付発光素子P Dのいずれかの発光素子とL DあるいはL E Dのいずれかの発光素子とであってS iベンチもしくはセラミック板上に形成されたマウント部に固定され、第1の光学部品と第2の光学部品の間の光路がシリコーン系またはアクリレート系の透光性樹脂によって充たされ、さらにその上を非透光性の樹脂によって覆ったことを特徴とする請求項1に記載の光学装置。

【請求項15】 第1の光学部品が複数の光ファイバあるいは複数の光導波路よりなり、第2の光学部品がそれらに光ファイバあるいは光導波路に対向して設けられる複数の受光素子あるいは発光素子よりなる事を特徴とする請求項1に記載の光学装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光通信に用いる送受信器、受信器、送受信器、これらで構成されるための光学部品、あるいはこれらを組み合わせた光学装置に関する。特に反射減衰量（ORL）を著しく低減できる構造の光学部品に関する。

【0002】

【従来の技術】 光通信の実用化が進むにつれて、光送信

器、光受信器などの小型化、低コスト化が進みつつある。最近では表面実装型という非常に小型の光学装置が研究開発されている。例えば、

①西川透、菊地雄一、東門元二、宇野智明、松井敏（S i基板を用いた表面実装型L Dモジュール）1997年電子情報通信学会総合大会C-3-63、P.248
②佐々木純一、伊藤正隆、山崎裕幸、山口昌幸（パッシブアライト系高効率光結合スポットサイト変換L D Siベンチ）1997年電子情報通信学会総合大会C-3-65、P.250
③平井あゆ美、加来良二、前沢卓也、高山清、原正（「光モジュール用シリコンV溝基板」）1997年電子情報通信学会総合大会C-3-66、P.251などに提案がなされている。

【0003】 受光モジュールの従来例を図1、図2に示す。この受光モジュール1は、2段になったS iベンチ2の上面3に光ファイバを、下段4に受光素子であるP D5を設けたものである。このP Dは導波路型であって受光面が導波路型受光面12によって構成される。S iベンチ2はV溝6、7が異方性エッチングによって形成される。フェルル8と光ファイバ9がV溝6、7に固定される。フェルル8は光ファイバ9を包囲するように定される。フェルル8は外部の光学素子と接続できるようにしている。光ファイバ9の端面10は光軸に直角である。端面10から出た出射光11は空間を通りP D5の導波路型受光面12に入り検知される。光ファイバもP Dも同一の基板表面上に取り付けられるので小型化、低コストを下げられる。だから小型受光器の受光モジュールとなりうる。

【0004】 図1、図2の従来例では、S iベンチ2の上面に光学部品（P D5、フェルル8、光ファイバ9）を配置し、レンズは使わずに、直接光ファイバと受光素子（以下P Dという）を突き合わせている。これによって部品点数を減らすとともに小型化している。ここで、光ファイバ9を記載しているが、代わりに光導波路でも良い。受光素子として導波路型P Dを記載しているが、光学系によって上面入射型、裏面入射型P Dが用いられる。

【0005】 S iベンチ上にエッチングによってV溝を形成し、またマスク合わせでP Dチップを固定する位置合わせマークを形成する。V溝やマークにより光ファイバもP Dも位置精度良く固定される。このように固定しないで予め定めた位置に部品を配置することをパッシブアライメントという。つまり図1、図2の表面実装型モジュールはパッシブアライメントが可能となり実装コストも下がる。部品コスト、実装コストを下げた後に製造できるという長所がある。ファイバ端面は光軸と直角であるが、これはパッシブアライメントを可能にするため

不可である。ファイバの出射光が斜めになるとP Dに真直ぐ入らず偏斜しなければならなくなる。パッシブアライメントのためにファイバ端面光軸直角というのはアブリオリに要求される、と考えられた。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、図1、図2の従来例の構成ではファイバ端面の反射が問題となる。ファイバ端面10は光の進行方向（光軸方向）と直交する面でカットされている。図にあらわれないが、光ファイバの端面には光源としてのL D（半導体レーザ）がつけられている。ファイバ端面は光軸に直交するから端面での反射光が光ファイバ内を反射向きに伝搬してレーザに戻りレーザ発振を不安定化させる。レーザはORL=10log (P_r/P_i)

(dB)

【0009】 logは常用対数を示す。P_iはファイバを通して出射端面に向かって来る光強度である。P_rは端面で反射してファイバ内を戻って行く光強度である。単位はdBである。かならずP_r<P_iであるから、ORLは負の値となる。レーザに及ぼす影響を示す

$R_{r,i} = \{ (n_1 - n_2) / (n_1 + n_2) \}^2$ (2)

【0012】 である。図1、2のように、屈折率n₁=1.46のS iO₂系の光ファイバの場合、空気（n₂=1.00）に射出する時は、ORL=-14.6dBとなる。かなり大きな値である。つまり反射光が充分に強いということである。光ファイバと受光面は屈折率がかなり相違するので、このような大きなORLの値となる。

【0013】 どの程度の小さいORLの値が要求されるのか？ということを知る。用途や規格はシステムによって様々である。それによって要求されるORLの値も異なる。高度なものほど小さいORLが要求される。光受信器の場合は-27dB以下でなければならない。製造のマーージンも含めると-30dB以下という極めて小さい値がORLに要求される。レーザは極めて微弱の反射光により動作が不安定を受けるからである。

【0014】 さらに光CATVのような多チャネルのアナログ信号を伝送する場合は、-40dB以下という厳しい値が要求される。それもある程度で満足すればよいのでなく、-40℃～+85℃の広い温度範囲の全体でORLが-40dB以下でなければならないのである。

【0015】 図1、図2の構成（空気と接するのでORL=-14.6dB）ではこの要求を満たすことができない。図1、図2のように反射光の大きなものは用いられない。信号レーザに低くチャネル数が少ないデジタル信号に限られる。だから図1、図2のものよりもORLをさらに減らす試みがなされてきた。

【0016】 端面での反射損失を減らすために、図3、図4のように光ファイバ9とP D5の間の空間を光ファイバに近似した屈折率の透光性の樹脂14によって満た

端面の反射率を共振器とするが、反射光が戻ると共振器が二つ存在することになり発振周波数が変動する。光源がレーザである場合、常に反射戻り光が問題になる。レーザ発振が安定であるためには反射戻り光を極めて小さく抑える必要がある。P Dの受光面は反射防止膜が形成されるので反射はなく問題にならない。ファイバ端面は反射防止膜を付けないので反射が深刻な問題を引き起こす。本発明ではファイバ端面で反射しレーザに戻る光を問題にする。

【0007】

【0007】 ファイバの端面で反射し戻ってゆく光を反射戻り光という。入力光と反射戻り光のパワー（電力）の比を反射減衰量と呼びORLによって表取する。

【0008】

【0011】

(dB)

(2)

【0012】 これは小さい方がよい。値であり、これは小さい方がよい。

【0010】 屈折率n₁の媒質から、屈折率n₂の媒質に直角に入るとき界面での反射率R_{r,i}は、

【0011】

【0017】 これら透光性樹脂は、屈折率が光ファイバの屈折率（1.46）に接近している。例えばシリコーン系透光樹脂は、室温でn=1.4程度である。アクリレート系透光樹脂は室温でn=1.5程度である。従って、室温の場合だけを考えると、アクリレート系樹脂も、シリコーン系樹脂もORLが-30dB以下だといふ条件を満たすことができる。図3、図4もパッシブアライメント（固定しない）で製造されるからファイバ端面は光軸直角である。

【0018】 何れの材料も屈折率に温度依存性がある。

現存する材料はいずれも上記の広い範囲（-40℃～+85℃）において条件を満たすことができない。図5は、アクリレート系樹脂（○）、シリコン系樹脂（●）の一例のORLの温度による変化を示すグラフである。横軸は温度（℃）、縦軸はORL（dB）である。アクリレート系、シリコン系といってもいくつもの種類の樹脂があり、図5に示するのは一例である。アクリレート系では低温でORLが大きくなる。シリコン系では高温でORLが大きくなる。だから両方とも安定して-30dB以下という条件を満たすことは難しく、まして-40dB以下を満たすことはできない。

【0019】このように温度によってORLが変化するのは、温度によって屈折率が変化することからである。図5で温度変化の傾向が相反するのは屈折率変化が相反するからではない。何れの樹脂でも温度上昇によって屈折率は低下する。シリコン系の場合、-40℃～+85℃で、1.48から1.37まで屈折率が変わる。アクリレート系樹脂の場合、1.56から1.49まで屈折率が変わる。アクリル屈折率が1.46であるから、シリコン系では温度上昇とともに、屈折率が1.46から離れる傾向にあり、これがORLを上昇させる。アクリレート系では、温度上昇とともに屈折率が1.49に接近するので、ORLが減少するのである。このように光ファイバ（石英）とはほぼ同じ屈折率をもつ樹脂は存在するが、必ず温度変化がありORLが温度によって変わる。光ファイバの場合だけを説明したが、光導波路の場合でも同じような問題がある。S1系光導波路の場合も反射戻り光が光線のレーザに入ると振幅が乱れて光学装置は振動する。

【0020】図1、図2のような表面実装型の光学部品においては反射光を防ぐ手段として提案されたものは屈折率の近似した透光性樹脂を光ファイバ端に接合するというもの（図3、図4）だけである。透光性樹脂は反射自体を減衰させるが温度変化による影響もあり完全でない。全温度範囲（-40℃～+85℃）で-30dB以下という条件はかろうじて満たしても、さらに全温度範囲で-40dB以下というような将来的な要求には充てることができない。

【0021】
【課題を解決するための手段】本発明は、光ファイバ、光導波路と、その他の光学部品を含む光学装置において、ファイバ端面あるいは光導波路端面を斜めに切断し、端面近傍を光ファイバ屈折率の近似した透光性樹脂（がファイバ端面）によって覆う。光ファイバ、導波路はいずれも光軸を定義でき、光軸に対して直角でなく直角度よりαに傾斜角を持った端面を作る。さらに端面を透光性樹脂で被覆する。

【0022】つまり斜め切断と樹脂被覆という2重の手段によって反射戻り光を防ぐようにしたことに本発明の特徴がある。光ファイバ端面、光導波路端面の切断角は

2度～10度程度である。より好ましくは2度～8度である。光ファイバ・光導波路端面を斜めにカットすると端面での反射光が最早伝搬光とならず光頭へ戻らない。屈折率の近似した透光性樹脂によって端面を覆うと反射そのものが減少する。両者が相まって反射戻り光を著しく抑制することができ。

【0023】
【発明の実施の形態】本発明は多様な光学装置に応用することができる。のちに色々な例を説明するが、理解を促めるため典型的な一例を示し本発明の特徴を浮き彫りにする。図6、図7に本発明の光学装置の一例（光ファイバ+導波路型PD）の概略を示す。S1ベンチ2を2段階にし、上段3に大小のV溝6、7を異方性エッチングによって設ける。ここにフェルル8と光ファイバ9とを固定する。フェルル8は光ファイバ9を同軸支持し外部機構と着脱可能にしたものである。光ファイバ9の端面16が傾斜面になっている。下段4に導波路型PD5を固定する。これはベンチによって位置に固定する。光ファイバの端面を4度、6度、8度といった角度（α）に斜めカットしたものをS1ベンチのV溝に固定し、ポテソット樹脂14によって覆う。光ファイバの先端だけを覆うのも良い、しかしより好ましくは、ファイバ先端からPD受光面までを覆うようにする。

【0024】本発明は、透光性樹脂被覆に加えてファイバ端（光導波路端）を斜めに切断することに眼目がある。表面実装において光ファイバ端斜め切断ということはいままで行われた事はない。提案された事もない。しかし、異なる斜接方式ではそれはありふれたことであつた。ファイバ端先端を斜めカットすることは、通常の立体型的光モジュールでは反射戻り光を防ぐために良く用いられる技術である。図8に通常用カンパウナージに収容された立体構造の受光素子の概略を示す。

【0025】円形のステム20の中心にサブマウント1を固定し、サブマウント1の上に上面入射型PD2を固定する。リドピン31、33とサブマウント、PDの電極とリドピン31、33をワイヤボンディングによって接続し、レンズ4を有するキャプチャ23をかぶせる。さらに円筒形のスリーブ25をキャプチャ23の上からステム20に取り付ける。光ファイバ27の先端を支持するフェルル26をスリーブ25の軸孔28に差し込む。光ファイバ・フェルルの先端は斜め切断面30となっている。スリーブ25の上にはベンドリミッタ29があり、光ファイバの極度の曲がりを防ぐ。光ファイバ端面が斜めであるから光ファイバからの出射光は図8で左へ屈折する。光ファイバ直下にピームが到達するのでない。そこでスリーブをステム上で二次元的に動かしながらPD出力を最大値・最大バリエーションを探してスリーブをステムに対して固定する。これが横方向の調整である。さらにフェルル26を横方向に動かし、最大光量になる点を探す横方向の調整が必要であ

る。このような斜めカットファイバを有するものは調整が必要の工程になる。調整は時間がかかる難しい作業である。

【0026】これは同軸型受光素子とも呼ばれる。光軸をほぼ中心として同心円状のものや同心円筒の部材からなっている。受光素子（PD）チップと光軸が直交する三次元的な構造で端面は傾斜面である。これは光ファイバの先端を例えば8度に斜めカットしてある。これはファイバ端での反射光がレーザ（光源）に戻らない為の工夫にされる。だからレンズやPDチップはファイバ軸心の延長上にない、ファイバ軸延長線とステム面の交点よりも左側にPDはずれていて、この様な立体構造の場合、PDチップを付けてから、キャプチャの位置とスリーブの位置は二次元的に調整する。そのような調整作業があるから斜めカットファイバを用いることができるのである。調整（ファイバメント）によってPDに最大のバリエーションが得られる。これはキャプチャ、スリーブ、フェルルなどをPDの受光量を見ながら三次元的に調整するのデファクティファライズメントという。時間のかかる調整があるので斜めカットということが許される。調整が斜めカットを可能にするといってもよい。

【0027】そのような製造調整は手間の掛かる受光素子はコスト高になる。安価なシステムを構築することの妨げになる。やはり図1～図4のような単純で安価な平面実装型が望ましい。図1～図4のような表面実装型の場合調整という作業がない。調整がないのでバンプシワライメントという。光ファイバ光軸からPDの軸をずらすということはない。それで斜めカットという工夫が入る余地はない、と考えられた。表面（平面）実装では、PDの中心と光ファイバ中心は切めから合致するように作られる。斜めカットするとピームが斜めになるから表面実装型光学部品のPD中心には入らないと考えられる。そのような平面的な常識が平面（表面実装）型の場合の斜めカットの採用を禁止して来たのである。

【0028】しかし、本発明者はそうではないと思う。調整できない平面実装でも斜めカットは極めて有効である。透光性樹脂を用いる限り平面型でも斜め切断は有用なものである。その理由を述べよう。

【0029】角度の影響について図9を用いて説明する。光ファイバの屈折率をn₁、外部媒質の屈折率をn₂とする。光ファイバの光軸をKMNとする。出射面16の中心点がMである。出射面が光軸直交でなく、それよりαだけ傾いている。DMC=αである。点Mにおいて面16に立てた法線をMFとする。これが光軸MNとなす角度はαである。光ファイバの低散光KMは屈折しLMという出射光になる。端面反射光はMRである。これが反射戻り光と言われるもので重要である。屈折は複雑であるが反射は単純である。反射戻り光の軸線

に対する傾き角は単純に2αである。∠KMR=2α。

【0030】屈折光の方はより複雑である。法線MFとMGのなす角度をβとする。光線MGと光軸MNの角度をθとする。θは光線の光軸からのずれの角である。β=θ+αである。スネルの法則から、

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta \quad (3)$$

であるから、

$$\beta = \sin^{-1} (n_1 \sin \alpha / n_2) \quad (4)$$

【0033】

$$\theta = \sin^{-1} (n_1 \sin \alpha / n_2) - \alpha \quad (5)$$

【0034】となる。θは出射光MGのファイバ光軸MNからのズレ角である。もしn₁=n₂なら、ズレ角は0である。ズレ角θは、媒質屈折率n₁、ファイバ屈折率n₂に近いほど小さい。反対に媒質屈折率n₂、ファイバ屈折率n₁に遠いほどズレ角θは大きくなる。

【0035】反射光の角度は単純（∠KMR=2α）であるが、これが戻るか否かということこそコア・クラップの屈折率による。コア屈折率をn₁、クラップ屈折率をn₂とすると、n₁>n₂であるから全反射角φが定義できる。軸線となす角度がφ以下ならそのピームはコアからクラップへ進入できず、軸線となす角度がφ以上ならコアからクラップへピームが進入できるという角度が全反射角φである。

【0036】

$$\cos \varphi = n_2 / n_1 \quad (6)$$

【0037】コアとクラップの屈折率は極めて近いからφは小さい角である。シンガポールファイバの場合これが極端に小さい。2α<φなら反射光は全反射して戻り光となる。しかし2α>φなら反射光は全反射できず外部に漏れる。これを放射モードと呼ぶ。幾何光学的にいえばこのように単純であるが、実際にはピームの形状などもあり厳密には波動光学的に取り扱う必要がある。しかし反射光が戻り光になるかどうかというのは、単純に2αとφの大小だけで判断することができ。ファイバ端面に少し傾斜を付けるだけで、2α>φとすることができる。こうすることによって反射戻り光を消滅させることができる。つまりαの下限はφ/2=cos⁻¹(n₂/n₁)/2という単純な式になる。

【0038】ここではαの下限は2度としているが、シンガポールファイバの場合、φ/2は2度より低いので、2度以上のαは戻り光を除去できる。反射の話は単純であるだけに、屈折の部の話に關わらないままである。つい省略してしまうが、それはいけない。ここでは反射光が戻り光になるかどうかの条件を簡単に説明した。本発明は第1に反射戻り光を問題にするからである。

【0039】例えば、光ファイバ（n₁=1.46）から光が空気（n₂=1.00）に対して出射されるときは4度カット（α=4°）の場合光軸より1.85度

(8) ずれる。従って仮に光ファイバ端面とPDの受光面の間隔Lが例えば500 μ mに過ぎないとしても、PDの受光面では光線は16 μ mもずれる。ズレが大きすぎてPDの受光面に入らない。時差型PDは通常2 μ m～5 μ m程度の幅の導波路を持つ。そのようなPDでは1dB程度のズレのトレランスは数 μ mの程度である。16 μ mもずれる場合はPDが受光できない。ファイバの接する媒質が空気の場合はパッシブアライメントはできない。500 μ mでも短い距離であるが、dB劣化が数 μ mのズレに対応するのであるから光軸からのずれは3.2 μ mに押さえるため、PD・ファイバ端面をL=100 μ mに縮めるということも考えられよう。PD・ファイバ間をこのような短距離にするのは製作上難しい光ファイバの回転によってPD入射量が変動して留まらなくない。もしも端面の傾斜角が8度($\alpha=8^\circ$)とすると出射光の角度は $\theta=3.72$ 度にもなる。L=100 μ mとしてもPD面でのスポットの径は6.5 μ mにもなる。PDに光が入らなくなってしまうパッシブアライメントが困難になり工業的生産が難しい。

[0040] 一方、もし光ファイバとPDの間隔Lが、例えば $n=1.40$ のポッチング樹脂によって満たされていたとすると(2)から反射が著しく少なくなる。反射が減ると戻り光は減るはずである。更に重要な事は反射光が光軸となす角度が2 α である。これがコア・クラッド境界角 ϕ を超えるの、反射光がファイバ中の伝播光とならない、ということである。放射モードになり伝播モードにならない。伝播光でないからファイバ中を伝播できない。二つの理由で戻り光が著しく減少する。戻り光が殆ど0となる。戻り光が少なければあるレーザの発振不安定を引き起こさない。これは優れた特徴である。また反射が少なければ、屈折光(出射光)MGのファイバ先端MNからのズレ θ が非常に小さくなる。これも著しい特徴となる。つまり n_1 が n_1 に近い媒質でファイバ端を覆うと3つの利点がある。反射光減少、反射光放射モード化、屈折光軸ズレ減少という3つの利点である。前二者は反射戻り光を0とし、レーザ発振を安定化させ、後一者はパッシブアライメントを可能にする。著しい利点である。

[0041] 例えば4度傾めカットで、屈折光MGはファイバ光軸MNから $\theta=0.17$ 度しかずれない。仮に光ファイバ・PD間距離Lが500 μ mとしても、PD端面でのスポットズレは1.5 μ mに過ぎない。これは1dBトレランスより小さい。仮に短くL=100 μ mとすれば、ずれは0.3 μ mしかない。パッシブアライメントが充分可能である。間接パッシブアライメントしたPDに充分な光が入射する。それだけでなくPDに入射した光は殆ど損失無く増波される。L=300 μ m程度なら、スポットの光軸からのずれは1.9

μ mに留まり、パッシブアライメントが可能な範囲に入る。

[0042] 以上は、導波路型PDの一例である。例えば円形の受光面を持った上面入射型PDや裏面入射型PDでは光軸からのズレに対するトレランスはもう少し広い。しかし光学系の構成として、光ファイバ端面とPD受光面との距離が長くなるので、最終的には上記と同じ効果を得る。

[0043] 本発明のもう一つの効果は、透光性樹脂のポッチングにより、より低い傾めカット角度で、従来の空気に対する場合と同程度のレベルのORLが得られることである。反射量すなわちORLは、傾めカットされた端面でウシアンビームが反射されて、もと来た方向に向かって光ファイバに結合される効率を計算することによって求められる。図10に計算例を示す。傾めは傾めカット角である。傾めはORL(反射減衰量: dB)である。光ファイバ屈折率は $n_1=1.46$ とする。パラメータとして光ファイバ端面を囲む媒質(樹脂、空気)の屈折率をとっている。媒質屈折率 n_2 は1.00、1.37、1.40、1.56、1.50

としている。1.00は空気であるが、それ以外の屈折率は樹脂のものである。4種類の樹脂について考察しているというのではなく前記の例の3種類の樹脂の屈折率によって変化する屈折率について考えている。光ファイバが空気に接している場合ORLが最も大きい。 $n=1.56$ の媒質に接する場合、角度が0度でも-29dBである。角度が増えるに従ってORLは減少する。傾斜角度が増えると光ファイバ内部への反射が減るからである。これはどの屈折率 n_2 でも共通にいえることである。 $n=1.37$ の場合がこれに次ぎ、ファイバ端面角0度で-31dBである。さらに $n=1.40$ では0度と低くなり0度で-34dB程度である。 $n=1.50$ で最も低く0度で-37dB程度になる。光ファイバ屈折率 $n=1.46$ に近い順にORLは低くなるからこれも当然である。図3、図4の従来例では、ポッチングだけを使って反射光を減衰させていたが、それは図10の $\alpha=0$ の場合にすぎない。本発明はそうでなく、 $\alpha=2\sim10$ 度の範囲とする。例えば $\alpha=4$ 度とすると、0度の時に比べて-15dB程度ORLが減っている。極めて顕著な効果である。

[0044] $n=1.00$ (空気)の時ORL ≤ -30 dBを得るためには、 $\alpha=4$ 度の端面傾斜を必要とする。ORL ≤ -40 dBとするためには、6度程度の傾斜を要求する。しかるに本発明のように透光性樹脂をポッチングした場合、傾斜角への要求は著しく緩和される。 $n=1.37$ から $n=1.56$ の範囲において(図5の2種類の樹脂に對し)、-40度 \sim +85度の全温度範囲において、 $\alpha=2$ 度の傾斜カットでORL ≤ -30 dBを満たすことができる。 $\alpha=4$ 度のカットでORL ≤ -40 dBを満たすことができる。

[0045] これは、 $n=1.00$ の時のORL値に対して、屈折率差が小さくなった分だけ、端面反射が下がったことによる。例えば $n=1.00$ (空気)に対して、反射率は3.5%である。 $n=1.56$ の樹脂に対して、反射率は0.11%にすぎない。反射率は-15dBにもなる。透光性樹脂で覆うことの反射率比(-15dB)で、ORLが低下する。これによってORL ≤ -40 dBという要求を満たすのを小さくできるのである。樹脂は反射を減らすことによって戻り光を減少させる。反射が減る分だけPDへの入射光が増える。この場合入射光は3.5%が増える。結合効率を上げる効果もある、という事である。

[0046] 図10の計算結果を確かめるため、 $\alpha=2, 4, 6$ 度の傾斜角で端面カットした光ファイバを使って実験をした。樹脂のないとき($n=1.00$)、樹脂がある時ともに、図10の計算結果とほぼ同じ実験結果が得られた。

[0047] 本発明は、傾めカットされた光ファイバ(導波路)の先端を透光性樹脂により覆うことにより、端面でのORLを大幅に減少させる。光ファイバ光軸からの出射光のずれも非常に小さくできる。低ORL、高結合効率で、パッシブアライメント実装ができる。低価格、高性能の光学装置を提供することができる。出射光の角度ずれが充分に小さいので、光ファイバをS字の角度などに固定する場合カットの方向を特に意識する必要はない。傾めカットの面がどの方向を向いてもよい。これは後に述べる。

[0048] 本発明は、一般に光学部品と光ファイバ導波路の結合に適用することができる。だから光ファイバ(導波路)と組み合わせた場合は、PDに限ることなく、素子ダイオード(LED)や半導体レーザ(LD)との組み合わせにも適用できる。レンズ、プリズム、ミラーなどの光学部品が、光ファイバと結合される場合にも本発明は有効である。

[0049] 光ファイバから出る光だけでなく、光導波路から出る光にも本発明は同様に適用できる。もちろん、LEDやLDの場合送信光は、光ファイバや導波路に入射する取であるが、この光がコネクタで反射されて元に戻ってくる場合や、ネットワークで繋がれた他の光

[0058] 反射角 2α

$$\theta = \sin^{-1}(n_1 \sin \alpha / n_2) - \alpha \quad (8)$$

[0059] 媒質 α のように変えても反射角は変わらなうのである。 2α が全反射角 θ 以上なら($2\alpha > \theta$)反射光は戻り光にならない。それは媒質が何であって書えることである。だからファイバ端面を覆うと戻り光を抑止できる。

[0060] α と θ が屈折は違いうので、媒質によって屈折角 θ が異なってしまう。媒質屈折率がファイバ屈折率

媒からの光に対するORLに低減にも効果がある。

[0050] 例えばLDの場合を説明する。図11に示すようにファイバ端面からの反射戻り光3 θ がある。図12に示すように、駆動電流と光出力の間の関係に乱れが生じたり、図13のように発光波長スペクトルが2つに分かれるなどの不良が発生する。

[0051] 従ってLDの場合も図15のように光ファイバ端を傾めカットすることによって、LD自身への戻り光を低く押さえるという方式が一般に取られる。

[0052] 光ファイバ端面が傾めでなくても、透光性樹脂のポッチングによって反射戻り光はある程度防ぐことができる。しかし光出力を1mWレベルまで高めた高出力LDでは、戻り光の絶対値が大きくなり、この近端反射の影響で、1GHz前後以上の高速動作をおこなうときに駆動動作が不安定になる。ためにノイズが増えるとか、送信波形が歪むとか、長距離伝送ができないといったような問題が生ずる。特に、発光波長の傾度が高く、高速・長距離伝送に使用されるDFBレーザではこの戻り光の影響が重要である。

[0053] 従って、本発明では図15のように透光性樹脂のポッチングにより傾めカットされた光ファイバ端でのLDの戻り光の反射率を下げる効果を得る。もちろん、光ファイバから来て、端面反射して光ファイバに戻る反射戻り光が抑制されるのはPDの例で述べたのと同様である。傾め切断ファイバを用いると結合効率の低下が心配される。しかし、それも懸念するほどでなく、これは後に述べる。

[0054] では、なぜ今までのような発明がなされなかったのか?つまり質問が、傾めカット=光軸からのずれ=傾斜必須=パッシブアライメント不可能

[0055] 本発明者は、このような既成概念を打破して、理論と実験からアイデアを実現化することに成功した。

[0056] 屈折透光性樹脂にあるが、問題の本質は屈折と反射の非対称性にある。媒質屈折率によって屈折角は変わるが、反射角は不変である。屈折はスネルの法則に従うが、反射は単純に反射法則に従う。

$$\theta = \sin^{-1}(n_1 \sin \alpha / n_2) - \alpha \quad (7)$$

[0057] 屈折角 $\theta = \sin^{-1}(n_1 \sin \alpha / n_2) - \alpha$ に近いと屈折角 θ が殆ど0になってしまう。 α がどのようになっても、 θ は0に近い。 θ が0に近いとPDの場合はPDに入射するし、LDの場合はファイバ伝搬光になる($\theta < \theta_c$)。だからパッシブアライメントであっても良いということになる。図8のような傾斜端面のものも屈折は必須であったが、それは媒質が真空($n=1.00$)だからである。媒質をファイバ屈折率に近

い屈折率の透光性樹脂にすれば屈折角が0に近くなり、 $\sin \theta$ が不要になる。当業者であれば知識が深いだけに傾斜端面＝傾面必須という固定観念を打ちぬうことは難しいう。

11

示す構成の受注ジョーナルを抽出した。S1ベンチ20の上段3にV68、7を穿ち、フェルル8、光7アイパイン9をV18に廻す。下段4にPD5を掛け、光7アイパイン9とPD5の間には透水性樹脂14を付ける。光7アイパイン9は締めカッスされる。この受注ジョーナル17は組立てモードで、その状態の図示は省略する。

1006541 (こめは、1.3 μm 光に対するシングルモードファイバ) (SMF) の先端を2度の傾斜にカットした。発光素子はInGaAsを受光層として導波型型PDである。シリコン系の透光性材料によるシリコン・PDにも、シリコン/シリコン誘電体化させた、ORL = -3.1 dB、-3.5 dBであった。感度は0.8 A/Wであった。光ファイバ端が直ちに切断されておなじシリコン系透光性樹脂で被覆されている場合と感度はほとんど同じであった。

図6、図7に示すシンドラボトフアクリル(SMF)の先端を45°傾斜角にカットした、受光素子はInGaAsの受光素子とすること、導波路型PDBである。アクリル系と受光素子との界面にボンドを塗布して密着化させた。ORL=43.4、PDB=50.6である。感度は8A/Wであった。光ファイバが直向に切断されており同じアクリル系透過性樹脂で被覆されていると感度はほとんど同じであった。

る。図15、図17に一例を示す。S1基板45にV溝46を形成しエッチングによって形成する。光ファイバ47をV溝46に固定する。基板45の上には裏面入射型のPD48を固定する。光ファイバ端面49は斜め切断されている。ファイバ端面49とPD48裏面11との空間は透光性樹脂50が充填されている。V溝46の終端はミラー面52となっている。ファイバ端面から出た出射光51は、透光性樹脂50を通過し、ミラー面52で上方に反射する(図13)。PD48の裏面から入射し(図4)、受光面55に入射する。

一フツアイバ (SMF) の先端を4度の傾斜角に切削した。受光素子はInGaAsを受光増とする異面切型のPDDで受光径は100 μ mである。PDDとフツアイバの間にはシリコン系透光性樹脂をフツアイバの熱硬化させた。ORL=−45dB〜−50dBであった。

【0066】裏面反射型PDは受光径が大きく取れるので素子のトレーシングが広い、±10μm精度もある、それで高感度を得やすい。本発明のように光ファイバ端と付着カッターとされている受光面での光の位置ズレが殆ど無い、感度は約0.9A/Wと高い、これは光ファイバ端面が直角に形成されているおりに同じくコーン系透過性膜でポテンシャルされている素子の感度とはほぼ同じであ

10067上面・斜射型の受光光ノールにも適用すること
 もある。その実施例を図8に示す。S₁基板56に
 四回57を形成する。四回57の一方の裏面に下向き
 の傾斜面となっている。段階8に斜め切削ツライバ59
 を乗せて固定する。四回57の底に上面・斜射PD60
 を固定する。四回の全体を透光光性膜63によって覆
 う。光ツライバ59が当たるときは透過性樹脂62を
 送り、下向き傾斜面61に当たるときは反射光64とな
 りPD60の受光部6に入射する。ツライバ端面が斜
 めでない、効果は実施例3の裏面入射型Dの場合と同じ
 である。

【0068】〔実施例6（側面入射型PD）〕本発明は、図10の側面入射型PDに適用される。図19によって説明する。基板67の上PD68と光アレイ71を固定する。基板67の、同じ高さに固定するので基板67が平面化される。PD68の下半部が斜め傾斜面となつてゐる。光アレイ71の傾斜は斜め切されている。光アレイ71とPDとの間は透光性樹脂72が介在する。光アレイ71の出力光は透光性樹脂72を通りPD68の側面73から内部の入射角73が軸線に入射する。この場合もアレイ内部での反射光73が軸線に入射して大きな角度を持つので放射モードとなり伝播できない。効果は実施例3の側面入射型PDの場合と同じである。

商品と、光ファイバ・導光路との結合に用いる。本分譲のフリススへの応用を図 20 によって説明する。多層膜フリスス 4 は、三角柱のフリスス斜辺面に誘電率係数 1.5 を具備した膜を合わせたものである。四角形状になるが、その面は光ファイバ 6、7、7、7 を向けたものである。

に對し、直角でなく傾斜した。光ファイバに屈折率が近似た透光性樹脂2によって、光ファイバに光ファイバ包層包圍される。多層膜75が波長選択性をもつ、光ファイバ6から1, 1, 1の光をプリズム型波長分波器に射する。71は多層膜で5で反射され、直角方向に光ファイバ8に配分される。72は多層膜で5を透過して光ファイバ8に入る。光ファイバ端が傾斜しているから反射光はどの軌跡を展ずる事ではない、例え

は光ファイバ76の端面反射光83はすぐに減衰してしまふ。

100717 [実験例7 (反射防止膜)] PDその他の光学部品の表面には、光の波長と透光性樹脂の屈折率に対応した反射防止膜を設けるのがよい。これまでも、反射防止膜の事はことさらに書いていないが、PD、光学部品の入力側端面には反射防止膜が施されている。そのようにすればPD表面や、光学部品表面での反射は効果であるから光損失は小さい。

ができれば端面反射光が戻るといふ問題も無くなるのである。すると本発明も不要ということになる。しかし光ファイバの端面に反射防止膜を付けるのは難しく実用的でない。だから本発明は斜めカットと透光性樹脂によって端面反射を極力抑制しようとするのである。

レーザに本発明が適用した場合の実施例を述べる。本発明の適用は、この実施例に限定されるものではない。本発明の光学部品と対向させ、少なくとも一面を透光性材料によって覆ったというところに特徴がある。これによって受光素子 (P.D) をジョーアルへ適用するのだが、受光素子 (P.D) をジョーアルにも適用することができる。

に用いたものを示す。光アクリル系0.3の端面1.04がわかつたのである。基板1.05はこの光アクリル1.0を固定し、LD16を逆さまに取り付ける。端面1.4とLD108の間は透光材料から出した1.0が密着して居る。発光部1.07（ストライプ）射出した紫外光1.8が端面1.04から光アクリル1.03に入射し人目に見える光が生ずる。発光部には炭化なし。端面の反射光1.10が生ずるが、発光部には炭化なし。LD106はI-P系のM-W-W-L-W-W-Lである。その寸法は長さ30.0μm(L)、25.0μm(W)、厚み1.00μm(1.0)である。このI-P基板の上にInGaAsP系の発光部を設けるものである。発光部幅は1μm、厚みは0.2μmである。LD端面と光アクリル端面の距離は7.0μm±2μm程度に設定する。

【0075】戻り光がないので、駆動電流と光出力との係に乱れが生じたり、発光波長のスベクトルが二つにやれるなどの不具合が無くなった。もちろん、外部か

つまり

[0084]

屈折光 $\angle \text{LMG} = \theta = \alpha - \epsilon$;

[0086] このような顕著な非対称性がある。図 23 に示すように、4 度傾斜をもつ ($\alpha = 4^\circ$) 光ファイバであっても、光ファイバ内部の軸線に対する傾斜角は、0.16 度 ($\theta = 0.16^\circ$) に過ぎない。これは伝導モードとよび得る (0.16 \sim Ψ)。だから、端面傾斜は、光ファイバへの結合効率を減少させない。

らの光に対して、光ファイバ端面そのものの反射は -40 dB 以下に押さえられている。

の発光光の光ファイバへの結合効率を改善する。L.D.の発光面は、むしろL.D.の光が光ファイバ端面で反射して戻ってくるのをほぼ完全に抑制できるという点に本発明の効果がある。すなわち、斜め切断により反射光を隔てられ、透光性樹脂によって反射率を減らすという二つの作用を相乗的に利用しているのである。

ものと、樹根によって反折角が変つてしまふと推察した。その結果は、このようにあらわされた。すなわち、樹根が減少するにつれて反折角が減少すると思つたのにも知れない、樹根によつて屈折角が減少するから反折角も減退すると推察されたのである。ところが反折角あるいは樹根によつて反折を減らすだけで充分だと考えられたのからいへば、要求水準が低い場合こそそれで良かったのである。本発明は斜め切取りと透水性樹根を併用して反折角を完全に減進できるものはないか、という疑問がわいてきた。

【0078】 反対に4度〜8度もゆめカットすると光ファイバ内で結晶に対して大きい角度をなすから放射モードになって伝播しないのではないかという懸念を持つ向きもある。しかし端面傾き角が光ファイバ中の傾きでない。

【0079】図3にヒーマの傾斜を示す。図9および図10の傾斜はヒーマの向きが反対になる。ヒーマ・フライングの傾斜はフライング面傾斜角 θ である。傾斜を立てた傾斜はMFである。その反対傾の延長線とMEとをなす。ヒーマ・NMはヒーマ・M面傾面を折折してMととなる。ヒーマ・MEと傾MEのなす傾角を γ とする。屈折光Mと光軸Mの成す傾角 α であり得る。

0080] $\theta = \alpha - \gamma$ (9)
0081] である。端面反射光MQは、やはり 2α の
度をなす。

0082] $\sin y = n_s \sin a$ (10)
あゐかゝ、
0083]

$$\frac{n_a}{n_1} = 1 \quad (11)$$
$$(n_{\text{sing}}/n_1) \quad (13)$$

00871 結合効率についてさらに詳しく述べよう。

り、媒質は結合効率 (dB) である。 $L = 5.0 \mu m$

樹脂（屈折率 n_0 ）が存在するときのビームの進行を示す線図。

【図24】レーザと斜めカット導波路を対向させた本発明の実施例にかかる表面実装型レーザモジュールの平面図（実施例9）。

【図26】レーザーと斜めカット導波路を対向させた本発明の実施例にかかる装置実装型レーザーモジュールの概断面図（実施例9）。

【図26】面発光型LD、LEDに本発明を適用した実施例を示す縦断面図（実施例10）。

【図27】面発光型LD、LEDに本発明を適用した実施例を示す縦断面図（実施例11）。

【図28】Si基板上に形成した光受信モジュールに本発明を適用した実施例の基板配置を示す斜視図（実施例12）。

【図29】実施例12のフアイバ端とPDの部分のみの断面図。

【図30】実施例12の全体を樹脂モールドした状態の全体斜視図。

【図 3 1】 実施例 1 2 の受光素子直前を示す断面図。

【図32】実施例12の中央縦断面図。

【図33】実施例12のフライハを含む断面図。

【図34】複数のフアイバ・受光素子対を有する実施例の平面図（実施例13）。

【図35】複数のファイバと、受光素子群を内蔵する受光素子アレイよりなる実施例の平面図（実施例14）。

【図36】フレイバ・PD間が空気である場合において、フレイバ・PD間の距離と、反射減衰量(ORL)の関係を示すグラフ。

【図37】フライバ・PD間に透光性樹脂を塗布した場合において、フライバ・PD間距離をパラメータとして、フライバ端面の反射傾斜角と反射減衰量（ORL）関係を示すグラフ。

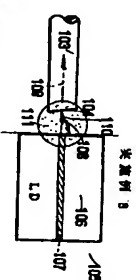
【符号の説明】

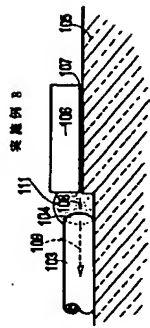
- 1 表面発光型受光モジュール
- 2 S1ベッチ
- 3 上段
- 4 下段
- 5 PDチタニア
- 6 V溝
- 7 V溝
- 8 フェルルール
- 9 光ファイバ
- 10 ファイバ端面
- 11 出射光
- 12 受光部
- 13 PD端面
- 14 透光性樹脂
- 15 樹脂塗布表面発光型受光モジュール
- 16 傾斜ファイバ端面

- | | |
|----|----------|
| 17 | 受光モジュール |
| 20 | スラム |
| 21 | サブアサルト |
| 22 | PD |
| 23 | キヤッツ |
| 24 | レンズ |
| 25 | スリープ |
| 26 | フェルナル |
| 27 | フレイバ |
| 28 | 縦穴 |
| 29 | ペンドリミヤグ |
| 30 | 端面 |
| 31 | リードピン |
| 32 | リードピン |
| 33 | リードピン |
| 34 | LD |
| 35 | 光フレイバ |
| 36 | 発光部 |
| 37 | 出射光 |
| 38 | 反射光 |
| 39 | 反射光 |
| 40 | 主たる発光ピーク |
| 41 | サブピーク |
| 42 | 透光性樹脂 |
| 43 | LD端面 |
| 44 | フレイバ端面 |
| 45 | Si基板 |
| 46 | V槽 |
| 47 | 光フレイバ |
| 48 | PD |
| 49 | フレイバ端面 |
| 50 | 透光性樹脂 |
| 51 | 出射光 |
| 52 | ミラー面 |
| 53 | 反射光 |
| 54 | PD入射光 |
| 55 | 受光部 |
| 56 | Si基板 |
| 57 | 凹部 |
| 58 | 段部 |
| 59 | 光フレイバ |
| 60 | PD |
| 61 | 下向き傾斜面 |
| 62 | 透光性樹脂 |
| 63 | 出射光 |
| 64 | 反射光 |
| 65 | 受光部 |
| 66 | 反射光 |
| 67 | 基板 |
| 68 | PD |

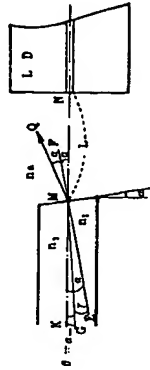
- | | |
|-----|-------|
| 69 | 受光部 |
| 70 | 傾斜面 |
| 71 | 光ファイバ |
| 72 | 透光性樹脂 |
| 73 | 反射光 |
| 74 | 放長分岐器 |
| 75 | 多層膜 |
| 76 | 光ファイバ |
| 77 | 光ファイバ |
| 78 | 光ファイバ |
| 79 | 傾斜端面 |
| 80 | 傾斜端面 |
| 81 | 傾斜端面 |
| 83 | 反射光 |
| 103 | 光ファイバ |
| 104 | 端面 |
| 105 | 基板 |
| 106 | LD |
| 107 | 発光部 |
| 108 | 入射光 |
| 109 | 伝搬光 |
| 110 | 反射光 |
| 111 | 透光性樹脂 |
| 112 | Siベンチ |
| 113 | 上段 |
| 114 | 下段 |
| 115 | 導波路 |
| 116 | 端面 |
| 117 | LD |
| 118 | 透光性樹脂 |
| 119 | 発光部 |
| 120 | 出射光 |
| 121 | 反射光 |
| 122 | 伝搬光 |
| 123 | 基板 |
| 124 | 面発光素子 |
| 125 | 発光部 |
| 126 | 凹部 |
| 127 | 光ファイバ |
| 128 | 透光性樹脂 |
| 129 | 伝搬光 |
| 130 | 端面 |
| 131 | 基板 |
| 132 | 面発光素子 |
| 133 | 発光部 |
| 134 | 凹部 |
| 135 | レンズ |
| 136 | 透光性樹脂 |
| 137 | 光ファイバ |
| 138 | 端面 |

- | | |
|-----------|-------------|
| 153 | Siベンチ |
| 154 | V溝 |
| 155 | V溝 |
| 156 | フェールル |
| 157 | 光ファイバ |
| 158 | PD |
| 159 | AMP |
| 160 | 溝 |
| 161 | 端面 |
| 162 | 透光性樹脂 |
| 163 | リートン |
| 164 | 樹脂ギヤールバツケージ |
| 165 | 固定樹脂 |
| 167 | 基板 |
| 168~170 | V溝 |
| 171~173 | 光ファイバ |
| 174~176 | PD |
| 177~179 | 端面 |
| 180~182 | 透光性樹脂 |
| 183~191 | 周辺回路素子 |
| 192 | 基板 |
| 193~197 | V溝 |
| 198~202 | 光ファイバ |
| 203 | 受光素子アレイ |
| 204 | 透光性樹脂 |
| 205~207 | 周辺回路 |
| 208 | コネクタ |
| 【手続補正2】 | |
| 【補正対象書類名】 | 図面 |
| 【補正対象項目名】 | 図21 |
| 【補正方法】 | 変更 |
| 【補正内容】 | |
| 【図21】 | |
-

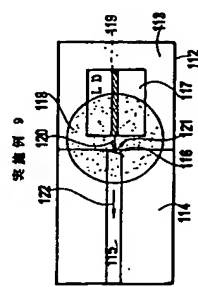




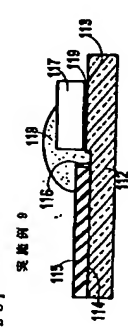
【手続補正 4】
【補正対象書類名】図面
【補正対象項目名】図 23
【補正方法】変更
【補正内容】
【図 23】



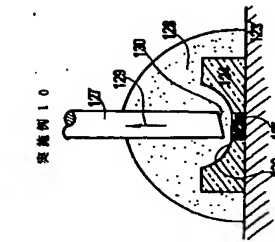
【手続補正 5】
【補正対象書類名】図面
【補正対象項目名】図 24
【補正方法】変更
【補正内容】
【図 24】



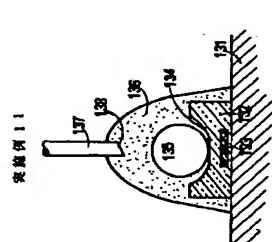
【手続補正 6】
【補正対象書類名】図面
【補正対象項目名】図 25
【補正方法】変更
【補正内容】
【図 25】



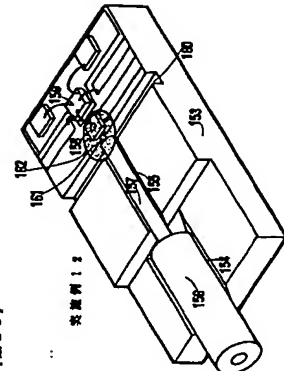
【手続補正 7】
【補正対象書類名】図面
【補正対象項目名】図 26
【補正方法】変更
【補正内容】



【手続補正 8】
【補正対象書類名】図面
【補正対象項目名】図 27
【補正方法】変更
【補正内容】
【図 27】



【手続補正 9】
【補正対象書類名】図面
【補正対象項目名】図 28
【補正方法】変更
【補正内容】
【図 28】

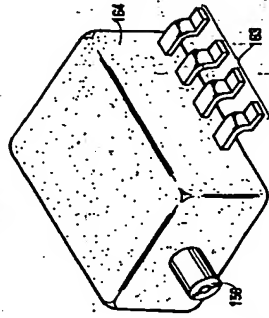


【手続補正 10】
【補正対象書類名】図面
【補正対象項目名】図 29
【補正方法】変更



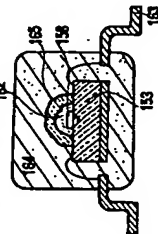
【手続補正 11】
【補正対象書類名】図面
【補正対象項目名】図 30
【補正方法】変更
【補正内容】
【図 30】

実例 12

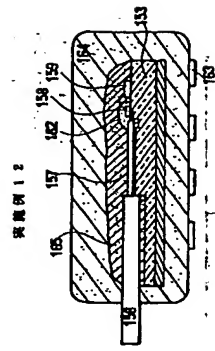


【手続補正 12】
【補正対象書類名】図面
【補正対象項目名】図 31
【補正方法】変更
【補正内容】
【図 31】

実例 12

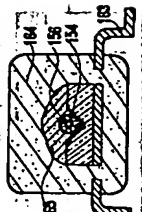


【手続補正 13】
【補正対象書類名】図面
【補正対象項目名】図 32
【補正方法】変更
【補正内容】
【図 32】



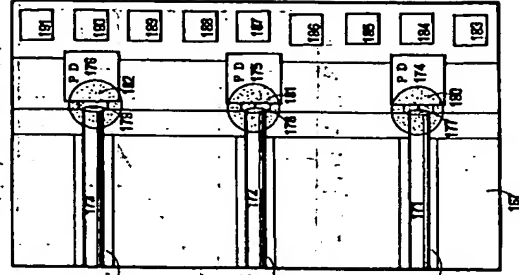
【手続補正 14】
【補正対象書類名】図面
【補正対象項目名】図 33
【補正方法】変更
【補正内容】
【図 33】

実例 13



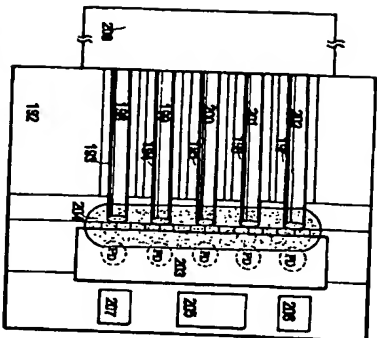
【手続補正 15】
【補正対象書類名】図面
【補正対象項目名】図 34
【補正方法】変更
【補正内容】
【図 34】

実例 13

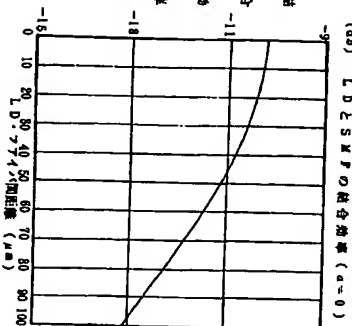


- 【手続補正16】
- 【補正対象書類名】図面
- 【補正対象項目名】図35
- 【補正方法】変更
- 【補正内容】
- 【図35】

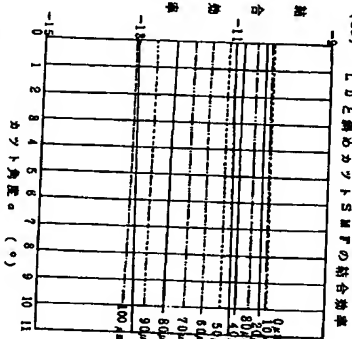
実施例14



- 【手続補正17】
- 【補正対象書類名】図面
- 【補正対象項目名】図36
- 【補正方法】変更
- 【補正内容】
- 【図36】



- 【手続補正18】
- 【補正対象書類名】図面
- 【補正対象項目名】図37
- 【補正方法】変更
- 【補正内容】
- 【図37】

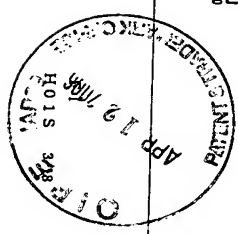


- 【手続補正19】
- 【補正対象書類名】図面
- 【補正対象項目名】図38
- 【補正方法】削除
- 【手続補正20】
- 【補正対象書類名】図面
- 【補正対象項目名】図39
- 【補正方法】削除
- 【手続補正21】
- 【補正対象書類名】図面
- 【補正対象項目名】図40
- 【補正方法】削除

(72)発明者 岡田 毅
大阪府大阪市北区烏丸一丁目1番3号住
友電機工業株式会社大阪製作所内

Fターム(参考) 2H037 MA01 BA02 BA11 CA10 DA03
DA04 DA06 DA16
SF041 MA06 MA09 DA43 EE01 EE08
FF14
SF049 MA01 MA02 NB01 TA14 MA01
SF073 AB16 BA02 EA03 EA15

プロントページの続き
(51)Int.Cl.⁷
H01S 5/022 識別記号



612 フォット(参考)